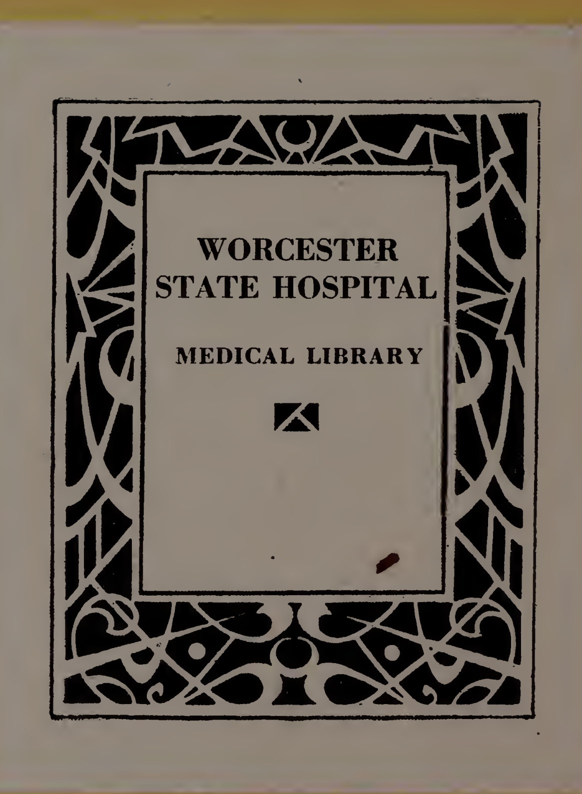



WORCESTER
STATE HOSPITAL
MEDICAL LIBRARY







GESAMMELTE

ABHANDLUNGEN

VON

PROF. **Dr. A. GOLDSCHEIDER**
DIRIGIRENDEM ARZT AM KRANKENHAUS MOABIT ZU BERLIN
OBERSTABSARZT 2. CL. D. L.

I. BAND.

PHYSIOLOGIE DER HAUTSINNESNERVEN

LEIPZIG 1898
JOHANN AMBROSIUS BARTH

PHYSIOLOGIE

DER

HAUTSINNESNERVEN

VON

PROF. Dr. A. GOLDSCHEIDER
DIRIGIRENDEM ARZT AM KRANKENHAUSE MOABIT ZU BERLIN
OBERSTABSARZT 2. CL. D. L.

MIT VIELEN FIGUREN IM TEXTE UND AUF 5 TAFELN



LEIPZIG 1898
JOHANN AMBROSIUS BARTH

Druck von C. Grumbach in Leipzig.

Vorwort.

Die Anregung zur gesammelten Herausgabe meiner Arbeiten auf dem Gebiete der Physiologie der Hautsinnesnerven und des Muskelsinnes ist von Herrn Prof. C. Stumpf ausgegangen. Er ist der Ansicht, dass es für die moderne experimentelle Richtung der Psychologie, welcher im In- und Auslande immer mehr Arbeitsstätten errichtet werden und immer mehr Arbeitskräfte zuströmen, von Werth sei, meine Arbeiten, welche in verschiedenen Zeitschriften zerstreut erschienen sind, gesammelt zu haben. Ich habe geglaubt, einer Anregung von so autoritativer und unparteiischer Seite Folge leisten zu sollen, um so mehr, als es auch an anderen Stimmen aus psychologischen sowohl wie aus physiologischen Kreisen, welche die gleiche Ansicht vertraten, nicht gefehlt hat und als häufig von Autoren und Interessenten das Ersuchen an mich gerichtet wurde, diese oder jene meiner Abhandlungen im Separatabdruck abzugeben, da sie schwer oder garnicht erhältlich sei. Es boten sich nun für mich zwei Wege: entweder eine zusammenfassende Ueberarbeitung und Verschmelzung meiner Veröffentlichungen zu einer Monographie mit Berücksichtigung der auch von anderen Seiten erfolgten und hinzugekommenen Arbeiten zu unternehmen oder es bei einer einfachen Zusammenstellung meiner Originalien in ihrer ursprünglichen Form und Aufeinanderfolge bewenden zu lassen. Sowohl Stumpf wie mein verehrter Lehrer J. Gad waren für letzteren Modus und ich schloss mich ihren Meinungen um so lieber an, als ich, der ich ganz zur Pathologie und praktischen Medicin übergegangen bin, schwerlich Zeit gefunden haben würde, den erstgenannten Weg zu beschreiten. Ich hoffe, dass mir hiernach der Vorwurf, dass ich durch die gesammelte Herausgabe meiner Arbeiten in ihrer ursprünglichen Form eine Ueberschätzung derselben verrathe, erspart bleiben wird, möchte aber nicht verfehlen, zur Entschuldigung dieses Verfahrens noch besonders darauf hinzuweisen, dass diese Arbeiten — da ich mich Jahre hindurch auf einem Forschungsgebiete bewegt habe — sich so harmonisch an einander angliedern, dass sie gleichsam nur einzelne Capitel eines einheitlichen Werkes darstellen. Wenn nun freilich die getreue Wiedergabe der Original-Abhandlungen es nothwendig mit sich bringt, dass Wiederholungen unterlaufen, so lässt dieselbe andererseits — und hierauf ist von Stumpf Werth gelegt worden — die Entwicklung und allmälige Erweiterung der Forschungsergebnisse hervortreten, und giebt Gelegenheit, das zeitliche Verhältniss meiner Arbeiten zu den Mittheilungen anderer Forscher auf diesem Gebiete übersichtlich und controllirbar festzulegen.

Uebrigens habe ich bei einigen Arbeiten erhebliche Kürzungen eintreten, namentlich Tabellenwerk u. dergl. fortfallen lassen; auch eine grössere Zahl von Abbildungen ist, um die Herausgabe zu erleichtern, weggeblieben; im Uebrigen sind nur einige stilistische Aenderungen vorgenommen worden. Von meinen zur Physiologie der Hautsinnesnerven gehörigen Arbeiten ist diejenige, welche die klinische Untersuchung des Temperatursinnes betrifft („Eine neue Methode der Temperatursinnprüfung“ 1887, Arch. f. Psych. und im Verlage von A. Hirschwald), da sie einzeln im Buchhandel erschienen ist, weggeblieben, jedoch sind die zu derselben gehörigen Tafeln, welche die Topographie des Temperatursinnes zur Darstellung bringen, reproducirt und der Arbeit Nr. 13, Topographie des Temperatursinnes, beigegeben worden. Es lag nahe, der historischen Anordnung meiner sinnesphysiologischen Arbeiten eine gewisse Gruppirung der Forschungsgebiete insoweit überzuordnen, als in einem Bande die Untersuchungen über die Hautsinnesnerven, in einem folgenden diejenigen über den Muskelsinn zusammengestellt wurden.

Wenn die vorliegende Darbietung in erster Linie für Psychologen und Physiologen bestimmt ist, so ermuthigt mich doch der Umstand, dass für meine diesbezüglichen Untersuchungen von meinen engeren Berufsgenossen, den praktischen Aerzten, den Klinikern und den Neurologen in reichem Mafse Interesse kundgegeben worden ist, zu der Hoffnung, dass auch die medicinischen Kreise die Berechtigung dieser Sammlung anerkennen und dem Unternehmen wohlwollend gegenüberstehen werden.

Indem ich die Reihe der hier vereinigten und im nächsten Bande noch folgenden Arbeiten überblicke, deren Ausführung ich während einer Reihe von Jahren die von dienstlicher und ärztlicher Thätigkeit mir übrig bleibende Zeit gewidmet habe, so empfinde ich ein Gefühl tiefen Dankes gegen die Lehrer und Freunde, welche meine Arbeiten förderten, und nicht zum mindesten auch gegen die mir damals — alle diese Bethätigungen fallen in meine active Militärarztzeit — vorgesetzten militär-ärztlichen Behörden, welche mir Berufsstellungen gewährten, durch die ich Gelegenheit fand, meine in der von den Centren der Wissenschaft entfernten Provinzial-Garnison begonnenen Forschungen fortzuführen.

Endlich kann ich nicht umhin, der Verlagsbuchhandlung von Johann Ambrosius Barth, welche die Herausgabe in äusserst entgegenkommender und vornehmer Weise unternommen hat, meinen ergebenen Dank auszusprechen.

Berlin, Juni 1898.

A. Goldscheider.

Inhalt.

Physiologie der Hautsinnesnerven.

Zur 7. Abh. gehört nicht Taf. 1—3, sondern Taf. 1—4 (siehe S. 107), und zur 13. Abh. gehört nicht Taf. 4 u. 5, sondern 5 u. 6 (siehe S. 301).



1.

Die Lehre von den specifischen Energieen der Sinnesnerven.

(Berlin 1881.)

Joh. Müller's Lehre. Weiterentwickelung derselben. Das heutige Gesetz von den specifischen Energieen.

Joh. Müller[1]) theilt den Entwickelungsgang der Vorstellungen über die Sinnesthätigkeit in drei Perioden ein. Die erste, die mythisch philosophische, setzt im Allgemeinen im Organismus ein den äusseren Erscheinungen der Dinge Aehnliches voraus, welches durch das Verwandte angeregt wird. In der zweiten, der physikalischen Periode, beschäftigt man sich mit Vorliebe mit den Verhältnissen der Dioptrik im Auge. Physiologische Erörterungen machte Keppler[2]), der Begründer der Optik, zwar auch, allein sie bestanden in Betrachtungen über das binoculare Einfachsehen, das Aufrechtsehen der umgekehrten Netzhautbilder und ähnlichem, ohne dass das sinnliche Empfinden selbst eine Stelle gefunden hätte. Die dritte, die physiologische Periode, wurde durch Purkinje's Studien über die subjectiven Sinneserscheinungen eröffnet. Waren diese, früher als einfache Sinnestäuschungen betrachteten und übersehenen Erscheinungen einmal als „Gesichtswahrheiten" erkannt, so mussten sie zu der zuerst von Joh. Müller bestimmt ausgesprochenen Anschauung führen, dass das Lichte, das Farbige und das Dunkle nicht

---

[1]) Joh. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Vorwort.

[2]) W. Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmungen. Zeitschr. für ration. Medicin, 3. Reihe, VII. Band.

den äusseren Dingen, sondern der Sehsinnsubstanz[1]) selbst immanent ist, welche generalisirt zu einem allgemeinen Gesetz der Sinnesnerven wurde. Wenn es zweifelhaft ist, inwiefern dasselbe unter dem Einflusse der Kant'schen Anschauungen entstand, so spiegeln sich jedenfalls letztere in ihm so genau wieder, dass Aubert[2]) keinen Anstand nimmt, beide in Parallele zu setzen: „Die Functionen der Seele werden uns von Kant ebenso als specifische Energieen derselben dargestellt, wie die Thätigkeiten unserer Sinnesorgane von Müller." Der Fortschritt, welcher gegenüber den früheren Vorstellungen, nach denen die Sinnesorgane nur Siebe für das Eindringen der äusseren Eigenschaften zum Bewusstsein darstellten, durch diese Lehre geschaffen wurde, war ein epochemachender, sie stellt eine Grundwahrheit dar im Verhältniss zu dem, was man heute unter der Lehre von den specifischen Energieen versteht, und es ist deshalb von Wichtigkeit, beides auseinander zu halten. Freilich hatte sie auch hervorragende Gegner. E. H. Weber[3]) konnte sich „noch nicht davon überzeugen, dass eine und dieselbe Ursache in jedem Sinne eine eigenthümliche Empfindung erwecke, die der Eigenthümlichkeit des Sinnes entspräche", allein die Art, wie er einige der einschlagenden Thatsachen zu erklären suchte, giebt ein Zeugniss, wie sprechend diese sind; z. B. sollte das stechende Gefühl bei electrischer Reizung durch Erheben der Härchen entstehen. Volkmann[4]) zeichnete in seinen Einwürfen der Lehre gewissermassen den Entwickelungsweg vor, welchen sie weiterhin genommen hat, ohne die Einfachheit der Lösung, welche sie seinen Bedenken giebt, zu ahnen. Jeder Nerv fungire in einer gewissen Sphäre, diese habe aber eine „gewisse Breite, innerhalb welcher sich die Function nach dem Anstosse von aussen ändere. Die Theorie, welche jedem Nerven eine specifische Energie zuschreibt, leugnet die qualitative Verschiedenheit der Farbeempfindungen. — Zufolge der Theorie könnte die Zahl der Nerven in's Unendliche vermehrt werden. So könnte man dem Sehnerven specifische Fasern für verschiedene Farben und den Hautnerven Fasern für Wahrnehmung des Druckes, der Temperatur, des Kitzels etc. zuschreiben". Nach drei Richtungen hin nämlich gab Müller's Lehre Gelegenheit zur Fortentwickelung.

Während Müller eine von den Endorganen bis zum Centralorgan

---

[1]) L. c. S. 45.

[2]) Aubert, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865. Vorrede, p. IV.

[3]) E. H. Weber, Der Tastsinn und das Gemeingefühl in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. 1846. III. Bd. p. 507.

[4]) Volkmann, Nervenphysiologie. Wagner's Handwörterbuch der Physiol. II. p. 521.

sich verbreitende je specifisch verschiedene Sinnessubstanz annahm (ähnlich Henle), lieferten sowohl die histologischen wie chemischen Untersuchungen in Bezug auf Nervenverschiedenheiten überhaupt so gut wie negative Resultate. Dass der electrische Reizvorgang in sensiblen und motorischen Nerven nach gleichen Gesetzen erfolge, konnte von du Bois-Reymond[1]) als fast sicher hingestellt werden. Pflüger hat gezeigt, wie das Zuckungsgesetz auch für die Empfindungsnerven sich gültig erweist. Brenner machte in dieser Beziehung den, wie es scheint, misslungenen Versuch einer genaueren Durchführung beim N. acusticus[2]). Vor allem ist der merkbarste Unterschied in der Nervenfunction, die centripetale und centrifugale Fortleitung, zweifellos garnicht vorhanden, denn wenn auch seit du Bois-Reymond's Nachweis des „doppelsinnigen Leitungsvermögens"[3]) ausser vielleicht dem Babuchin'schen Versuch kein neuer Beweis mehr erbracht worden ist[4]), so ist doch jener allein von überzeugender Kraft.

Während jedoch schon die Thatsache des doppelsinnigen Leitungsvermögens aufforderte, die unterschiedliche Leistung der sensiblen und motorischen Nerven lediglich in die Endorgane zu verlegen, so bot für die verschiedenen Kategorieen der Empfindungsnerven das Dunkel, welches noch die centralen Elemente und ihre Verbindungen umgiebt, mehr Wahrscheinlichbkeit specifischer Unterschiede als der Nerv. Wenn früher, z. B. ausdrücklich von Haller, allen Nerven sowohl sensible wie motorische Eigenschaften zugeschrieben wurden, durch Bell's Untersuchungen dann diese als specifische Leistungen gesonderter Nerven hervorgingen und der anatomische Unterschied der Insertion zusammen mit den gleichen Leistungsverhältnissen die Specificität der Centren involvirte, so sprach Valentin[5]) die letztere auch für die verschiedenen Sinnesnerven aus. Chemische Unterschiede, welche unseren objectiven Untersuchungen noch nicht zugänglich waren, werden durch einige Thatsachen über specifisch wirkende Gifte wahrscheinlich. So wirkt Digitalis nach Traube's[6]) Untersuchungen lediglich auf den Vaguskern. Santonin äussert eine Affinität nicht blos zum Sehcentrum überhaupt,

---

[1]) Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Electricität. Berlin 1848. Bd. I, p. 295, 354, 406.

[2]) Brenner, Zur Behandlung von Ohrkrankheiten mittelst des galvanischen Stromes. Archiv f. path. Anat. Bd. XXVIII. p. 197.

[3]) L. c. Bd. II. p. 589 f.

[4]) Boghean, Ueber die Leitung der Neurilität. Dissert.

[5]) Citirt bei Volkmann, Nervenphysiologie. Wagner's Handwörterbuch. II. Bd.

[6]) Traube, Die Symptome der Krankheiten des Respirations- und Circulationsapparats. Berlin 1867. 1. Lieferung. p. 36.

sondern gerade zu einem Theile desselben, den violettempfindenden Fasern und deren Endigungen. Man hat die Wirkung des Santonin auch als eine die peripherischen Endorgane der genannten Fasern erregende resp. lähmende bezeichnet, allein Rose[1]) weist durch die Unabhängigkeit der Santonin-Hallucinationen von Veränderungen, welche die Netzhaut treffen, nach, dass es sich um „specifische Wirkung des Santonin auf das Gesichtscentrum“ handle. Dasselbe wirkt jedoch in unregelmässiger und viel schwächerer Weise auch auf andere Centren. Trotzdem bleiben wir einer Begründung des verschiedenen Verhaltens dieser Theile fern. Lewes[2]) allerdings meint, es genügen „les différences anatomiques, c'est-à-dire de distribution et de connexion“, wie davon z. B. die Function der Lunge abhänge, allein damit wird der einfachen Empfindung der elementare Charakter abgesprochen und diese als ein Zusammengesetztes dargestellt, wozu wir bis jetzt auf keine Weise berechtigt sind.

Nach einer andern Richtung fühlte man sich veranlasst, das Gesetz, welches Joh. Müller für die Sinnesmodalitäten (Helmholtz) gezeichnet hatte, auf die Qualitäten auszudehnen. Man that es mehr aus praktischen Rücksichten und durch die glückliche Coincidenz neuer anatomischer Entdeckungen, während dort eine innerliche Nothwendigkeit bestand. Alle Arten von Reizen, auf den Sehnerven angebracht, erzeugten Lichtempfindung, ja das Durchschneiden desselben erregte keinen Schmerz (Magendie), sondern Lichtblitz, welche nicht in den problematischen Erklärungsversuchen Lotze's[3]), sondern nur in Müller's Gesetz naturwissenschaftlich begründet werden konnten. Hinzu kommen die aus innerer Reizung des Sehcentrums hervorgehenden phantastischen Gesichtserscheinungen, deren Unmittelbarkeit und Entstehen „ohne alle Anregung durch die Vorstellung“ Joh. Müller[4]) überzeugend zu schildern wusste.

Eine besonders interessante Stellung nahmen hier die Fälle von Gesichtshallucinationen bei Blinden ein. Leubuscher[5]) stellt dieselben zusammen; dabei sind diejenigen am belehrendsten, welche in Nerven-

---

[1]) Rose, Ueber die Hallucinationen im Santoninrausch. Archiv f. pathol. Anat. Bd. XXVIII. p. 62.

[2]) Lewes, L'Energie spécifique des nerfs. Revue philosophique, dirigée par Ribot. Première année.

[3]) Lotze, Medicinische Psychologie. Leipzig 1852. p. 188ff.

[4]) Joh. Müller, Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen. Coblenz 1826. p. 23.

[5]) Leubuscher, Grundzüge zur Pathologie der psychischen Krankheiten. Arch. f. pathol. Anat. 1849.

degenerationen die Ursache der Amaurose haben, so z. B. die 38jährige Jüdin Esquirois, deren N. optici in ihrem ganzen Verlauf sich atrophisch zeigten. Auch hiermit steht es nicht anders als mit den physiologischen Phantasmen, sie stellen[1]) Erregungen der Centra der Sinnesnerven ohne „primäre Erregung der Seele“ dar. Eine besondere Art des inneren Reizes, die Mitempfindung, liefert uns hier eine bemerkenswerthe Beobachtung. Nussbaumer[2]) hat bei jeder Gehörsempfindung eine entsprechende bestimmte Gesichtsempfindung, z. B. beim Trompetenton eine goldgelbe, beiläufig überhaupt nie eine rothe, und nur einmal, bei dem Geräusch des Feilensägens, eine grüne. Da derselbe auch die Fähigkeit besitzt, die Obertöne auf's feinste (bis zu eilf!) zu unterscheiden, so wird man versucht, seine eigenthümliche Gabe für eine enorm ausgebildete physiologische Fähigkeit zu halten. Henle[3]) beschreibt, dass er einen dumpfen subjectiven Ton hervorrufen könne, wenn er „ganz leise über die Wange hinstreicht, längs dem äusseren Rand und der äusseren Hälfte der Augenhöhle und auf der zunächst darunter gelegenen Fläche.“ Er setzt selbst hinzu, dass dieser Ton vielleicht auch von einer zitternden Contraction des M. stapedius abhängen könne. Zaufal[4]) erzählt von einem blinden Musiker, welcher auf dem linken Ohr schwerhörig geworden, bei Bestreichen des Fingers deutlich links das dreigestrichene C hörte.

Diese letzteren Fälle, in denen es sich nicht mehr blos um Sinnesempfindungen handelt, sondern um bestimmt qualificirte Empfindungen, führen auf die bereits angedeutete modificirte Gestalt der Lehre, welche wir Helmholtz verdanken.

Dieser zog die Young'sche Lehre wieder an's Licht und legte zugleich Müller'sche Ideen in sie. Young selbst war von ganz anderen und irrigen Gesichtspunkten ausgegangen, er meinte, dass die Theilchen der Retina durch das Licht zu Vibrationen angeregt würden und dass die Häufigkeit derselben von der „constitution of the substance“ abhänge. Um nun die Fähigkeit der Netzhaut, in jedem Punkte Licht jeder Gattung aufzunehmen, dem Verständniss näher zu bringen, reducirte er die postulirte unendliche Anzahl von verschieden constituirten Theilchen in jedem empfindenden Punkt auf drei, welche den

---

[1]) Rose, l. c. p. 74.

[2]) J. A. Nussbaumer, Ueber subjective Farbenempfindungen, die durch objective Gehörsempfindungen erzeugt werden. Wien. med. Wochenschr. 1873. No. 1—3.

[3]) Henle, Pathologische Untersuchungen. Berlin 1840. p. 109.

[4]) Zaufal, Ueber eine eigenthümliche Reflexübertragung auf den N. acusticus. Wien. med. Wochenschr. 1872. No. 21.

Strahlen von grösster, mittlerer und kleinster Wellenlänge entsprächen. Während Brewster drei objectiv existirende Farben annimmt, verlangt er nur drei gesonderte Bahnen zum Sensorium und Helmholtz behauptet in letzteren drei Grundempfindungen, deren Substrat sie bilden. Der Unterschied ist der, dass man sich nach Young wohl denken könnte, wie Aubert[1]) es thut, dass rothleitende Fasern unter Umständen zu gelbleitenden werden, allein nach heutiger Anschauung werden sie dann die kürzeren Wellen eben auch roth, nicht aber gelb empfinden. Diese kühne Erweiterung der Müller'schen Lehre, die sich mit der Muttertheorie keineswegs, wie man von einem so phänomenalen Naturgesetz erwarten sollte, in einen bewussten Gegensatz stellte, sondern mehr instinctiv und kaum deutlich ausgesprochen aus ihr hervorging, bestand also darin, dass jeder Primitivnervenfaser eine bestimmte unveränderliche und in der Intensität abstufbare Qualität übertragen und die ungeheure Anzahl der Empfindungsqualitäten so auf rein quantitative Verhältnisse zurückgeführt wurde. Klarer wird dies vielleicht noch durch folgende Stelle aus Müller's Hdbch. d. Phys. 3. Aufl. I. Bd. S. 750: „Die Empfindung ist also nicht die Leitung einer Qualität oder eines Zustandes der äusseren Körper zum Bewusstsein, sondern die Leitung einer Qualität, eines Zustandes unserer Nerven zum Bewusstsein, veranlasst durch eine äussere Ursache.“ In die Helmholtz'sche Anschauungsweise übersetzt, würde dies heissen: Die Empfindung ist die Leitung der Qualitäten unserer Nervenfasern zum Bewusstsein, veranlasst durch einen Reiz. Diese Weiterentwickelung der alten Lehre lässt ihre innere Bedingtheit dadurch erkennen, dass sie den erwähnten Volkmann'schen Einwürfen Rechnung trägt, freilich mit Hülfe einer Anschauung, welche nun unsere Lehre überall begleitet, der unbewussten Mischung der einfachen Qualitäten zu neuen Empfindungen.

Eine Trias von Fasern hat man in der Netzhaut mit Bestimmtheit noch nicht nachweisen können. Der Schultze'schen Ansicht von der pinselförmigen Ausstrahlung der Zapfenfaser steht hier Hasse[2]) entgegen, welcher aus der dreieckigen Verbreiterung derselben nie mehr wie drei Fortsätze austreten sah und selbst dieses als bedeutsam für die Young'sche Theorie betrachtet. Der weitere Verlauf in der Zwischenkörnerschicht ist allerdings nicht beobachtet. Zudem muss man fragen, ob es dieser Trias bedürfe; denn mit Young's irriger Meinung über die Reizübertragung ist auch die Motivirung zur Annahme dreier Faser-

---

[1]) l. c. Aubert, l. c. p. 184.

[2]) C. Hasse, Beiträge zur Anatomie der menschlichen Retina. Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. 29. p. 238.

gattungen vorläufig weggefallen, und es werden zunächst nur drei von einander unabhängige Erregungsvorgänge im Nerven postulirt. Diese Vielfältigkeit an sich würde mit unserer Lehre nicht einmal in Widerspruch stehen, allein es liegt keine Analogie dafür vor, dass gleichzeitige Vorgänge sich nicht zum Theil verstärken, zum Theil aufheben sollten. Durch die jetzigen optochemischen Kenntnisse ist an diesem Stande der Dinge nichts geändert worden. Wenn es auch denkbar wäre, dass eine Materie durch verschiedene chemische Reize in verschiedene Bewegungsformen versetzt würde und Elasticität genug besässe, aus jeder wieder in die Gleichgewichtslage zurückzukehren, so haben die Erfahrungen doch bis jetzt ergeben, dass aus dem Sehpurpur[1]) stets nur ein photochemisches Zersetzungsproduct entsteht, das Sehgelb. Abgesehen davon, muss man, wenn man nicht der chemischen Veränderlichkeit des Sehstoffes, seiner Regenerationskraft und der Unabhängigkeit und Reactionslosigkeit seiner Zersetzungsproducte Unmögliches zutrauen will, den Bewegungen der Nervensubstanz selbst einen weiten Spielraum lassen, z. B. bei den Farbenmischungen. Die Bewegungen dürfen aber so wenig Bestreben zu bestehen haben, wenn sie der Masse der ungeheuer wechselnden Eindrücke folgen wollen, dass keine Erklärung bleibt für die Entstehung der Nachbilder oder der Ermüdungserscheinungen.

Die der behandelten anatomischen Forderung gleichstehende physiologische ist, dass an jedem „physiologischen Punkt“[2]) die Empfindung der Farben vollendet zu Stande komme. Schon E. H. Weber[3]) und nach ihm E. Fick[4]) haben Beobachtungen mitgetheilt, nach denen farbige Felder von sehr geringer Ausdehnung sich nicht mehr als farbig erkennen lassen. Allein Aubert zeigte, dass ebenso, wie bei der Wahrnehmung farblosen Lichtes, hier Helligkeit und Gesichtswinkel in einem gewissen, wenn auch keineswegs reciproken Verhältniss stehen und den Schwellenwerth der Farbenwahrnehmung bestimmen. Es zeigt sich dabei, dass die einzelnen Farben an sich einen verschiedenen psychischen Erregungswerth besitzen. Roth wird unter kleinerem Gesichtswinkel noch empfunden als blau; am stärksten wirkt orange. Diese Beobachtungen gehen also nur den psychophysischen Vorgang an und verhalten sich zur Young-Helmholtz'schen Theorie nicht anders, als

[1]) W. Kühne, Chemische Vorgänge in der Netzhaut. In Hermann's Handbuch der Physiologie. Leipzig 1879. III. Bd. I. Theil. p. 331 ff.

[2]) Aubert, l. c. p. 188.

[3]) Müller, Arch. f. Anat. und Phys. p. 41.

[4]) Notiz über Farbenempfindung. Pflüger's Archiv. 1878. p. 152.

sie sich etwa zu einer Theorie verhalten würden, welche die Farben als verschiedene Erregungszustände derselben Faser auffasste. Es kann übrigens hier noch einer Ansicht[1]) gedacht werden, welche im Sinne unserer Lehre eine weitere Gruppirung der lichtempfindlichen Elemente in farben- (Zapfen) und blos lichtvermittelnde (Stäbchen) vornimmt.

Wenn über die Berechtigung dieser Richtung der Fortentwickelung sonach kein Zweifel sein kann, so verhält es sich weniger klar mit der dritten Richtung, welche in der Frage nach der Localisation der Eindrücke begründet war. Es ist das doppelte Phänomen hier stets Gegenstand der Untersuchung gewesen, durch welche Einrichtung nämlich die Seele die Eindrücke überhaupt räumlich ordne und dann, wie sie diese in die Aussenwelt verlege. Joh. Müller hatte in der Kant'schen Anschauung gelehrt, dass die Retina, sobald sie in Affection gerathe, sich eben räumlich empfinden müsse, jedes Netzhauttheilchen repräsentire ein Raumelement, ja, die Grösse der Netzhaut sei Maasseinheit für unsere Grössenschätzung.

Daneben machte sich schon seit Locke eine Richtung geltend, welche von Helmholtz als die empiristische gegenüber jener nativistischen[2]) bezeichnet wird. Insofern dieselbe die Raumanschauung als eine psychologische Entwickelung auffasst, nennt Wundt sie in allgemeinerem Sinne die genetische Richtung, von welcher die auf die Uebung den grössten Werth legende empiristische nur ein Theil ist. Helmholtz erklärt gegenüber Kant, dass die Raumanschauung nur insofern mitgebracht sei, als die Möglichkeit motorischer Impulse[3]) gegeben sein müsse; von da an aber ist sie eine subjective, jedoch erworbene Anschauungsform. Eine solche Theorie muss, ehe sie die räumliche Ordnung der Eindrücke herleiten kann, die Sonderung dieser überhaupt erklären und so eine Reihe neuer Merkmale schaffen. Bain zwar hat noch einen anderen und verunglückten Versuch gemacht, die Empfindung der Bewegung, durch das Muskelgefühl vermittelt, als das Elementare hinzustellen und aus ihr und der Zeitanschauung den Raum zu construiren; er ist durch Stumpf treffend widerlegt worden. Solche Merkmale stellen die von Lotze erfundenen und seitdem in verschiedenem Sinne gebrauchten „Localzeichen" dar. Insofern er beim Auge die Unterschiede der Einzeleindrücke in Muskelinnervationstrieben suchte und bei der Haut in der Vertheilung der Tastkörperchen, der Unterlage der Hautstelle, kurz in äusserlich veranlassten Mitempfindungen[4]), gerieth

[1]) M. Schulze, Zur Anatomie und Physiologie der Retina. Bonn 1866.

[2]) Physiol. Optik. p. 435.

[3]) Näheres siehe: Die Thatsachen in der Wahrnehmung. Rede. Berlin 1879.

[4]) l. c. p. 408 ff.

er nicht in die Nothwendigkeit, seine Localzeichen auf eine specifische Energie der einzelnen Fasern zurückzuführen. Von diesem Gesichtspunkt aus ist hier Wundt anzuführen, welcher in exacter Weise die Entstehung des Sehfeldes in seiner synthetischen Theorie[1]), „aus der Verbindung einer qualitativen Mannigfaltigkeit peripherischer Sinnesempfindungen mit den qualitativ einförmigen Innervationsgefühlen“ ableitete. Er versteht unter Localzeichen einerseits die Verschiedenheit gleicher Eindrücke auf den verschiedenen Netzhautpartieen, speciell bei den Farben[2]), andererseits die bei Bewegungen des Bulbus auftretenden Tastempfindungen. Auch bei der Haut lehnt er bestimmt eine specifische Verschiedenheit der Fasern zur Erklärung der Localzeichen ab, er nimmt gegen Lotze weniger die groben Structurverhältnisse der Haut, als vielmehr die Anzahl der Nerzenverzweigungen selbst zu Hülfe. Weber, Czermak, Meissner und Andere sind in dieser Beziehung in seine Kategorie zu stellen; dagegen machte Krause[3]) darauf aufmerksam, dass jeder sensiblen Nervenröhre zwar eine besondere Qualität zuzuschreiben, sei, diese jedoch sich nicht von der peripherischen Ausbreitung abhängig finde. Krause beweist dies durch die von Valentin datirenden Fälle von Integration bei missgebildet Geborenen. Man könnte noch die Erscheinungen der Formication anführen, bei welcher jede einzelne Empfindung durch excentrische Perception localisirt wird. Von hier aus würden nun zwei Wege führen. Der eine ist derjenige, welchen Krause eingeschlagen hat. Er erklärt die Localzeichen durch ein System von Reflexbewegungen, d. h. in der Weise, dass nur die „Tendenz“ zur Bewegung geltend wird. Wie nun bei dem missgestaltet Geborenen die centralen Tendenzen zu Bewegungen erkannt und unterschieden werden sollen, wenn er letztere nie zu Stande kommen sieht, ohne dass für jeden motorischen Impuls, von seiner Wirkung abgesehen, eine besondere Empfindungsqualität anzunehmen sei, ist nicht einzusehen. Den zweiten Weg zeigt Funke[4]): Die Quelle der Localzeichen liegt in den centralen Ganglienzellen[5]). Und damit sind wir zugleich wieder bei der Ansicht Helmholtz's, des Führers der empiristischen Partei, angekommen, welcher

---

[1]) W. Wundt, Physiol. Psychologie. p. 641.

[2]) cf. Physiol. Optik. p. 595.

[3]) Krause, Die terminalen Köperchen. Hannover 1860. p. 234.

[4]) Funke, Der Tastsinn und die Gemeingefühle in L. Hermann's Handbuch der Physiologie. III. Bd. 2. Th. p. 408.

[5]) Aus Herm. Munk's Versuchen geht hervor, dass „die centralen Elemente der Sehsphäre regelmässig und continuirlich angeordnet sind, wie die lichtempfindlichen Netzhautelemente, derart, dass benachbarten Netzhautelementen immer benachbarte wahrnehmende Rindenelemente entsprechen“. Verhandlungen der physiol. Gesellschaft zu Berlin. Jahrg. 78—79. VII. Sitzg. p. 166.

eben das Localzeichen als eine specifische Energie der Nervenfaser auffasst.

In höchst mannigfaltiger Weise ist von nativistischer Seite unsere Lehre ausgedehnt worden. E. H. Weber schrieb jeder Nervenfaser einen bestimmten Raumwerth zu, auf dessen Unterschied die Sonderung der Eindrücke beruhe. Die „Projections-Hypothese" (nach Wundt) hat sogar eine bestimmte Beziehung von Netzhautpunkten zu Punkten im äusseren Raum angenommen (Porterfield; Tourtual). Nicht unähnlich dieser Anschauung ist Meissner's „einfache Tastempfindung". Panum und Hering haben die nativistische Lehre in consequentester Weise durchgeführt und letzterer hat dem einzelnen Netzhautpunkt drei besondere Raumgefühle (Höhen-, Breiten-, Tiefengefühl) vindicirt. Diese Ansichten sind discutabel und haben zum Theil eine treffende Kritik[1]) erfahren. Dagegen haben treue Beobachtungen über operirte Blindgeborene aus der neueren Zeit das günstige Licht, welches bereits von den älteren Fällen über die empiristische Anschauung verbreitet wurde, noch vermehrt. Es wurden von v. Hippel zwei, von Dufour einer und von Hirschberg[2]) zwei veröffentlicht, und letztere sprechen im Uebrigen ebenso wie der Wardrop'sche Fall gegen eine discontinuirliche Verbreitung der Localzeichen. Da ferner die nativistischen Annahmen eine Erweiterung unseres Gesetzes von keiner allgemeineren Gültigkeit schaffen, während Unterschiede in der qualitativen Färbung natürlich erscheinen, so betrachten wir die in der empiristischen Weise gestaltete Form als die moderne Lehre von den specifischen Energieen; ohne übrigens des Gedankens von Du Bois-Reymond[3]) zu vergessen, welcher eine Vermittelung beider Anschauungen durch die Annahme geistiger Vererbungen vorschlug; ohne Zweifel würde sich hiermit die räumliche Empfindung bei missgestaltet Gebornen an fehlenden Gliedern viel besser erklären, als nach Krause. Unsere Lehre vertheilt also jede Grundempfindung auf eine besondere Faser, schreibt den einzelnen Sinneselementen locale Färbungen zu und verlegt den Sitz dieser Eigenschaften in die centralen Zellengruppen. Ob hier chemische oder andere Verschiedenheiten bestehen, oder ob dieselben blos durch ihre „numerische Verschiedenheit"[4]) wirken, darüber lässt sie sich zunächst nicht aus.

---

[1]) Physiol. Optik. Thatsachen in der Wahrnehmung. p. 30 ff.

[2]) J. Hirschberg, Eine Beobachtungsreihe zur empiristischen Theorie des Sehens. Gräfe's Archiv. 1875. Heft I. J. Hirschberg.

[3]) E. du Bois-Reymond, Leibniz'sche Gedanken in der neueren Naturwissenschaft. Rede. 1870.

[4]) A. Fick, Physiologie des Gesichtssinnes in L. Hermann's Handbuch der Physiologie. Leipzig 1879. III. Bd. 1. Theil. p. 165.

Die innere Berechtigung der so entwickelten Lehre prüft man am besten an der Hand ihres eifrigsten Gegners Wundt[1]). Eine andere Frage wird sein, ob die Lehre in ihrer jetzigen Gestalt eine consequente Anwendung auf alle Sinnesorgane erträgt.

Was die Gleichartigkeit der centralen Theile betrifft, so ist dies ein sehr fragwürdiges Gebiet und was dagegen spricht, wurde schon erwähnt. Wenn Wundt die gesammten Opticus-Fasern durch Santonin für die an der unteren und vorzugsweise oberen Reizgrenze liegenden Lichtwellen abgestumpft werden lässt, so ist auch damit immer eine specifische Einwirkung auf den Opticus angenommen. Dass solche Erscheinungen sich aber lediglich aus Ungleichartigkeiten in der Durchlässigkeit der Umhüllungen[2]) erklären sollten, ist keineswegs erwiesen. Der Einwurf, dass bei Verlust von Sinnesorganen eine Zeit lang die adaequaten Reize eingewirkt haben müssen, wenn die Sinnesempfindungen sich in der subjectiven Sphäre erhalten sollen, erscheint nicht leicht. Allein abgesehen davon, dass bei Blind- oder Taubgeborenen in einem Alter, wo sie Angaben machen können, wie Munk's Versuche zeigen, jedenfalls bereits eine Degeneration der Nerventheile vorhanden ist, so muss z. B. bei Blindgeborenen folgendes Verhältniss entstehen. Gesetzt das aus centraler Reizung entstehende Eigenlicht der Retina zusammen mit anderen subjectiven Gesichtserscheinungen erregt ihre Aufmerksamkeit, so können sie diese Empfindungen in keiner Weise (man müsste denn ein methodisches Drücken auf den Bulbus annehmen) als von gewissen Bewegungen abhängig wahrnehmen, diese würden also, wenn wir Helmholtz's Auseinandersetzungen[3]) folgen, in das Gebiet der rein psychischen Thätigkeiten fallen, etwas als eine Art Gemüthsstimmung aufgefasst werden, die Folge wird sein, dass dies als eine Sinnesempfindung von den Leuten zum mindesten nicht geschildert werden kann. — Der Einwurf, dass die Lehre von der specifischen Energie keine Entwickelungsgeschichte der Sinnesempfindungen zulasse, trifft weniger sie selbst als die Thatsache der völligen Unvergleichlichkeit der Empfindungs-Qualitäten. Deshalb ist auch eine Genesis der specifischen Energieen an sich sehr wohl denkbar. Denn wenn zu einer Zeit die Nervenausbreitungen für die verschiedensten Reize irritabel gewesen sind, wie z. B. in der Hypothese von Nüsslin[4]), nach der die Langerhans'schen Fühlzellen an den Kopfflossen des Amphioxus Tast-, Licht- und auch Schall-

[1]) Phys. Psychol. p. 344 ff.

[2]) Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. I. Bd. p. 114.

[3]) Thatsachen in der Wahrnehmung. p. 15.

[4]) O. Nüsslin, Zur Kritik des Amphioxusauges. Tübinger Inauguraldissertation.

Empfindungen vermitteln, — so brauchten deshalb die Erregungen und demgemäss die psychischen Eindrücke noch keine Unterschiede zu zeigen. Indem aber sich z. B. für den Lichtreiz besonders empfängliche Endorgane bildeten, trat eine Gruppe von Nerven der übrigen Masse gegenüber, wurde erregt, wenn diese ruhten, bewegte sich nicht, wenn diese tief erschüttert wurden. Solche Momente mussten es mit sich bringen, dass diese Gruppe auch durch ein qualitatives Zeichen in der Empfindung unterschieden und in sich zusammengefasst wurde, welches nur ein ganz additionelles, mit dem inneren Wesen in keinem Zusammenhang stehendes Merkmal gewesen sein mag. — Wie endlich die Wirkung auf die Seele zu Stande kommt, darüber wird in der Lehre nichts behauptet, aber auch nichts praejudicirt. Wie letztere von specifischen Substanzen ausgegangen ist, so könnte sie in specifischen Bewegungen endigen, wenn der Bewusstseinszustand nur durch die Art der Bewegung, nicht aber durch den Ort der Aufmerksamkeit selbst bestimmt werden kann. Allein jener ist in jedem Nerven unveränderlich und vor allem hat er nichts mit dem materiellen Reiz zu thun. Vor Wundt meinte schon Lotze, dass „das Uebermaass adaequater Reize, die jedem Nerven verglichen mit der Anzahl der unadaequaten zukommen, in jedem eine specifische Gewohnheit entwickelt haben könnte;“ und da er ferner den Grund der specifischen Empfindungen in der qualitativen Eigenheit der Nervenprocesse sucht, diese selbst aber namentlich durch Rhythmus und Dauer unterscheidet, so liegt es ihm nicht fern, dass der Opticus die Aethervibrationen und der Acusticus die langsameren Schallschwingungen mitmache; hier würde er dann gern vermittelst der „psychischen Oscillationen“ die Empfindungen selbst ableiten, wenn diese nur vergleichbare Punkte böten. Wundt leitet hier die Empfindungen in viel unmittelbarerer Weise von dem Nervenprocess her. Das Problematische solcher Entwickelungen kann nicht geeignet sein, eine so klare Lehre zu untergraben, welche es eben als einen Vorzug betrachtet, das Unerklärliche vermieden zu haben.

Sehorgan.

Was die zweite Frage, die Durchführung der modernen Lehre bei den einzelnen Sinnesorganen, betrifft, so ist schon angedeutet, dass selbst beim Sehorgan, welches für dieselbe neben dem Ohr immer als Paradigma hingestellt worden ist[1], die Verhältnisse — insoweit sie eben die jüngere Form angehen — allerdings noch discutabel sind. Rose hat die Beobachtung, dass Santonin zugleich violette Hallucinationen und

Violettblindheit erzeuge, zu einem Einwurf gegen die Young'sche Theorie benutzt, seine Folgerungen sind jedoch von Helmholtz[1]) und Aubert[2]) als unberechtigt nachgewiesen worden. Die Young'sche Theorie muss annehmen, dass jede Spectralfarbe alle drei Farbenfasern erregt, wogegen Versuche von Maxwell[3]) und J. J. Müller[4]) die Folgerung zulassen, dass dies nur bei Grün, nicht aber bei Roth und Violett der Fall sei. Wundt weist auch darauf hin, dass bei der Seltenheit der Violettblindheit und dem überhaupt noch nicht sicher constatirten Vorkommen von Grünblindheit es auffallend sei, dass gerade fast nur die eine Art von Fasern fehlen sollte, wobei übrigens zu erwähnen ist, dass ein Fehlen von Fasern nicht nothwendig angenommen werden muss, sondern nur die Unterschiede der Erregbarkeit bei den einzelnen Fasern verwischt sein können[5]). Hirschberg weist ausserdem darauf hin, dass Grünblindheit (Grün-Amblyopie) die häufigste sei[6]).

Gehörorgan.

Das Gehörorgan, welches später in unserer Lehre eine so berufene Stellung einnahm, gewährte der Müller'schen nur ein zweifelhaftes Zeugniss. Bei der electrischen Reizung kann man wohl sagen, man wisse nicht, was man reizt, und namentlich von Weber wurde sie mit Misstrauen betrachtet, welcher auf die Contraction der Paukenhöhlenmuskeln als Geräuscherzeuger hinwies[7]). Müller berief sich auf Volta, der Geräusche hörte, wenn er seine Ohren an die Pole einer Batterie von 40 Elementen legte. Ritter hörte im Augenblick der Stromschliessung das G einer Violine — eine Beobachtung, die wie viele Ritter'sche, nie von andern wiederholt wurde. R. Wagner, Valentin[8]) hörten überhaupt nichts. In neuerer Zeit kam die Electricität in der Otiatrik in Aufnahme, und zwar zunächst die Faradisation, wobei die Patienten meist eigenthümliche Empfindungen (Kochen, Brummen) angaben[9]).

---

[1]) Phys. Optik. p. 846 f.

[2]) Phys. der Netzhaut. p. 182.

[3]) Phys. Psychol. p. 389.

[4]) Phys. Optik. p. 844.

[5]) A. Fick, Zur Theorie der Farbenblindheit. Würzburger Verh. 1873.

[6]) du Bois-Reymond's Archiv. 1878. p. 332 f.

[7]) E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl. R. Wagner's Handwörterbuch der Physiol. Bd. III. p. 486.

[8]) Valentin, Lehrbuch der Physiologie. 1848. Bd. II. p. 275.

[9]) Tröltsch, Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Aufl.

Brenner[1]) hat den constanten Strom cultivirt und dabei eine genaue Skala der akustischen Phänomene aufgenommen, welche mit der Stromstärke vom Summen einer Fliege durch das Rollen von Equipagen, Donner bis zum reinen Glockenton schreitet, wobei er auf Grund der von ihm behaupteten Uebereinstimmung mit dem Pflüger'schen Gesetz eine wirkliche Electrotonisirung des Acusticus annimmt. Wenn auch das nähere Detail seiner Angaben von Schwarze[2]) angegriffen wird, so führt dieser doch selbst einen Fall an, in dem der Hörnerv die Empfänglichkeit für seinen adäquaten Reiz eingebüsst hat, während der electrische noch Gehörsempfindung verursacht. Es ist also von allen Seiten bestätigt, dass der Acusticus electrisch zu reizen ist und dabei in seine specifische Empfindung verfällt.

Nicht weniger schwierig war der Acusticus directen Durchwirkungen zugänglich. Einige Beobachtungen haben Aneurysmen der A. basilaris als Ursache von Ohrensausen und Klingen angegeben (Ogle). Ferner entsteht Sausen bei Drucksteigerung im Labyrinth, z. B. durch Katarrh. Wenn Beobachtungen über innere Reize dem etwas hinzufügen können, so wäre hier die Reflexempfindung von den Trigeminus-Bahnen zu erwähnen, auf die Türck, Tröltsch und Benedikt aufmerksam machen.

Wenn der älteren Lehre solche Facta genügen konnten, so führt uns die moderne Form hier auf ein noch dunkles Gebiet. Wenn sich auch über eine dem Eigenlicht analoge Form der inneren Erregung keine bestimmte Beobachtung findet — ich höre in jedem Moment, bei Aufmerksamkeit und äusserer Stille, in beiden Ohren ein sich gleichbleibendes Klingen von mittlerer Höhe, — sehr wohl unterschieden von den übrigen entotischen Geräuschen — so muss doch das spontan auftretende einseitige Ohrklingen Verwunderung erregen, insofern es stets in einer Höhe erscheint. Unsere Lehre würde vielmehr ein Verhältniss der qualitativen Mannigfaltigkeit fordern, wie man es beim Auge hat. Weiter würde die moderne Lehre verlangen müssen, dass für die verschiedenen Arten von Gehörempfindungen, also die Geräuscharten, die Töne mit ihren nicht vergleichbaren Färbungen specielle Fasern existirten; es ergab sich jedoch, dass man die verschiedenen Klangfarben auf die Zusammensetzung aus einfachen Tönen zurückführen kann und mit welchem Glück die anatomischen Verhältnisse zu Gunsten einer Ansicht ausgelegt werden konnten, die selbst geringen Tonunterschieden noch besondere Einrichtungen der Perception und Leitung zuwies. War die

[1]) Brenner, l. c.

[2]) Schwarze, Ueber die sogenannte Electro-Otiatrik. Brenner's Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. I.

Anatomie und Physik der Physiologie zu Hülfe gekommen, so beeiferte sich auch die Pathologie, welche bei allen solchen Fragen als die Verwalterin der grossen empirischen Vorrathskammer gern eine controlirende Rolle übernimmt, Belege zu liefern. Es wurden Fälle bekannt, wo Reihen von Tönen ausgefallen waren oder einzelne um eine Terz oder Octav zu hoch wahrgenommen wurden (Schwarze, Moos, Politzer). Magnus[1]) hat einen Fall beobachtet, in dem bei einer musikalischen Dame die Töne F bis H in der eingestrichenen Octave nicht wahrgenommen wurden, ausserdem bestand eine Lücke von drei Tönen in der zweigestrichenen Octave. Links wurden ausserdem alle Töne um $^1/_2$ Ton zu hoch vernommen .und während dasselbe für Musik sich schwächer erwies, wurde es für Sprachlaute ausschliesslich gebraucht (letzteres beides öfter beobachtet). Die unendliche Menge der Tonempfindungen hat Helmholtz daraus hergeleitet, dass bei der Vibration zweier benachbarter Fasern ein Ton entstehe, welcher zwischen den ihnen angehörenden Empfindungen liege[2]). Hiergegen macht Wundt geltend, dass bei diesen Tönen dann die Empfindung nothwendig eine zusammengesetzte sein müsse. Allein zwei nahe genug gelegene Hautpunkte geben bei Berührung auch nur eine einfache Empfindung, in welcher doch die Verschiedenheit der Sonderempfindungen nicht verloren gegangen ist, denn der Eindruck erscheint verlängert; viel näher aber noch liegt hier das Beispiel der Klangfarben, welche man doch ebenfalls als einfach empfindet.

Während Joh. Müller[3]) die Schallwellen der Hörnerven theilen liess und demgemäss die Geräusche dadurch erklärte, dass ein „Missverhältniss in der Theilung in ruhende und bewegte Theile obwalte", hatte das Corti'sche Organ für dieselben keinen Platz mehr. Zwar sucht Exner[4]) darzulegen, dass der Apparat für die Klanganalyse auch für die Geräusche ausreiche. Allein im Interesse unserer Lehre muss man sich nach anderem umsehen. Man hält die Otolithen und Ampullenhärchen für die hierzu bestimmten Apparate, wobei erstere sowohl als Verstärker wie als Dämpfer des Schalles[5]) angesehen worden sind. Hat man für beide einen Zusammenhang mit den Nerven noch nicht nachgewiesen, so ist er doch wahrscheinlich[6]). Viel schwerer sind die

[1]) A. Magnus. Ein Fall von partieller Lähmung des Corti'schen Organs. Arch f. Ohrenheilkunde. II. Bd.

[2]) Lehre von den Tonempfindungen. p. 219.

[3]) Joh. Müller, Physiol. des Gesichtssinnes. p. 452 ff.

[4]) Arch. für die gesammte Physiologie. XI. p. 417.

[5]) Grünhagen-Funke, Lehrbuch der Physiologie. II. Bd. p. 141.

[6]) Henle, Handbuch der Eingeweidelehre. 2. Aufl. p. 812 ff.

beiden Postulate zu befriedigen, dass diese Endorgane nur unregelmässigen Luftstössen, nicht aber regelmässigen Schwingungen gegenüber irritabel sein müssen, und dass sich die Färbungen der Geräusche, deren physikalische Natur selbst noch dunkel, auf einfache Elemente der Empfindung wie Composition zurücktühren lassen.

Das erste Postulat wird dadurch noch specificirt, dass nach Töpler[1]) der electrische Funke nur einen Luftstoss und dabei doch die Empfindung des Knalles hervorbringt. Man kann die Erklärung dafür, dass eine regelmässige Folge solcher Stösse keine Empfindung hier auslöst, in den schwingenden Endorganen selbst oder in den centralen Apparaten suchen. Der histologische Befund charakterisirt jene auch in der That als elastische Gebilde mit starker Dämpfung. Von den centralen Zellen sucht Hensen[2]) plausibel zu machen, dass sie sich an gleichbleibende Reize sehr schnell gewöhnen. Er führt dafür an, dass gewisse Schwebungen als langsam anschwellende und dann plötzlich abbrechende Schläge empfunden werden. Mit diesen Uebereinstimmungen des Reizungsvorganges bei Geräuschen und Tönen nähern wir uns der Schwierigkeit, welche ein Verbindungsglied zwischen beiden macht. Als Grundlage der Geräusche werden die Schwebungen aufgefasst. Dieselben werden bei langsamer Folge einfach als Intensitäts-Schwankungen des Tones percipirt. Erreichen sie einen gewissen Grad von Schnelligkeit (mehr als 10—12 in der Secunde), so treten rauhe schwirrende Empfindungen auf, welche nach Helmholtz das Wesen der Dissonanz ausmachen. Endlich entstehen exquisite Geräusche, z. B. wenn man viele nebeneinander liegende Töne anschlägt, wie auch umgekehrt aus Geräuschen heraus durch Resonatoren einzelne Töne percipirt werden können, wie man z. B. für die Vokalgeräusche der menschlichen Stimme einzelne Töne, aus deren Interferenz sie hervorgehen, gefunden hat.

Die Empfindung der Schwebungen sowohl wie der dissonirende Charakter wird von Helmholtz auf das Corti'sche Organ bezogen. Es ist ein Gefühl der Unlust[3]): „Die Dissonanzen bringen durch ihre Intermittenzen eine den Gehörnerven quälende und erschöpfende Art der Erregung zu Stande.“ Es liegt jedoch nahe, die Empfindung des Rauhen selbst, die doch eine Geräuschempfindung ist, von dem Unangenehmen derselben abzulösen, und dies thut Hensen[4]), indem er

[1]) Töpler, Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode. Bonn 1864.

[2]) Hensen, Physiologie des Gehörs in Hermann's Handbuch der Physiol. p. 98. III. Bd. 2. Theil.

[3]) Lehre von den Tonempfindungen. p. 505.

[4]) V. Hensen (l. c. Physiologie des Gehörs in Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. III. 2. Thl.)

letzteres der Schnecke, erstere dem Otolithen vindicirt, so dass die Schwebungen beide Endapparate erregen. Was nun hierbei Schwierigkeiten macht, ist, dass bei langsamen Schwebungen Geräusche nicht entstehen, während die Reizung der Otolithen gerade für einzelne Stösse postulirt wurde.

Und noch dunklere Punkte bringt die zweite Forderung. Die Geräusche werden im Allgemeinen durch nicht periodische Bewegungen hervorgebracht. Da sowohl diese die mannigfaltigsten Bewegungsformen darstellen können, wie die Geräuschempfindungen selbst sehr verchiedenartig sind, so muss man entweder annehmen, dass den letzteren eine grössere Anzahl besonderer Nerven-Endapparate entspreche, von denen jeder auf eine bestimmte unregelmässige Folge von Schwingungen abgestimmt ist, oder, dass sich die nicht periodischen Schwingungen auf einfachere, sie zusammensetzende Elemente zurückführen lassen, welchen andererseits ebensolche Empfindungs-Elemente entsprechen. Das erstere sucht man von vornherein zu vermeiden.

Ein Schwingungs-Element, aus dem sich unperiodische Schwingungen zusammensetzen sollen, kann nicht wohl etwas anderes als ein einziger Luftstoss sein. Da ferner die Reizübertragung dadurch geschieht, dass die Endorgane jede Bewegung des Labyrinth-Wassers[1]) mitmachen, so muss der gleiche Luftstoss im Allgemeinen alle Fasern in gleicher oder nur quantitativ abgestufter Weise erregen. Man müsste demgemäss bei jedem Lufstoss sämmtliche Species von Geräuschen erwarten, wenn den einzelnen Fasern complete specifische Qualitäten innewohnen, und muss umsomehr ein einfaches Reizelement und dementsprechend einfaches Empfindungs-Element suchen. Ein allerdings nicht ganz sicheres Paradigma haben wir in dem Knall, welchen der electrische Funke erregt. Erfolgen nun unperiodische Bewegungen, so wirken diese auf die Endorgane als Reihen von Elementar-Stössen mit stetem Wechsel der Intensität und Wellenlänge. Dass einzelne Härchen für kürzere, einzelne für längere Wellen adaptirt sind, und dass derartige Gruppen auch gewisse Unterschiede der ihnen angehörenden elementaren Geräusch-Empfindung zeigen, ist wohl denkbar. Das Vorgetragene soll nur erläutern, zu welchen Folgerungen die Annahme besonderer Endorgane für die Geräusche führen würde. Während beim Corti'schen Organ die Voraussetzung der Nervenerregung in der tetanisirenden Wirkung der Schwingungen gelegen ist, wird eine Einrichtung hier gefordert, welche Schwingungen unwirksam macht, einzelne Stösse aber zum Sensorium fortleitet. Der Charakter eines einfachsten Geräusches würde

[1]) cf. Hensen l. c.

sich sonach aus der Verschmelzung unbewusster Einzelempfindungen herstellen, eine Reihe solcher schnell auf einander folgender Geräusche aber wieder ein scheinbar continuirliches zusammengesetztes ergeben. Indem wir uns in der Lage sehen, die einzelnen Stösse wie Partialtöne zu betrachten, welche in die sinnliche Empfindung gelangen, ohne für gewöhnlich Gegenstand der bewussten Wahrnehmung zu werden, — freilich mit dem Unterschiede, dass es sich hier um eine Folge, dort um etwas gleichzeitiges handelt —, so nähern wir uns demselben Punkte, welcher schon früher als eine psychologische Voraussetzung der modernen Lehre dargestellt war: was Helmholtz ausdrückt[1]): „Es ist eine Eigenthümlichkeit aller unserer sinnlichen Wahrnehmungen, dass wir zusammengesetzte Aggregate von Empfindungen als weiter nicht zu zerlegende sinnliche Symbole einfach äusserer Objecte behandeln."

In dieser Richtung würde die Lehre von den specifischen Energieen die Verhältnisse der Geräusche für sich ordnen. Bestimmte Anhaltspunkte wären nur zu erlangen aus Curven der verschiedenen Geräusche, in welchen man dann bei den ähnlichen Geräuschen entsprechenden eine Aehnlichkeit in ihrem Verhältniss zur einfachen kurzen Welle nachzuweisen hätte.

Geruchsorgan.

Bei Geruch kennt man nichts als eine Summe von Empfindungen; die Art der Reize, ihre Uebertragung auf den Nerven, und ihr Verhältniss zu der Art der Empfindungen ist völlig unbekannt. Es würde werthlos sein, durch Deductionen in das Dunkel eindringen zu wollen, wenn nicht unsere Aufgabe erheischte, die anatomischen und physiologischen Postulate unserer Lehre hier darzulegen.

Es giebt keine objectiven Gerüche, sie existiren nur in dem Erregungszustande unserer Geruchsnerven, gleichviel woher dieser rührt. Man kann nun nicht annehmen, dass es hier nicht möglich sei, den Nerven auf andere Weise als durch seinen adaequaten Reiz zu erregen; dann aber stimmt es wenig mit unseren Forderungen, das die Angaben über electrische Geruchserregung nicht blos sehr vereinzelt, sondern auch höchst unsicher sind. Nach der Aufzählung du Bois-Reymonds[2]) haben den electrischen Geruch mehr Beobachter geläugnet als wahr-

[1]) Lehre von den Tonempfindungen. p. 556.

[2]) Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Electricität, I. Bd. p. 285.

genommen. Die Angaben letzterer lassen sich allerdings nach demselben Forscher vereinigen, indem die einen fauligen, Ritter ammoniakalischen Geruch[1]) wahrnehmen. Letzterer giebt ausserdem bei Schliessung des aufsteigenden Stromes sauren Geruch an. Rosenthal[2]) füllte die Nasenhöhle in der von Weber angegebenen Weise mit Wasser und suchte so eine directe Reizung des Olfactorius durch den electrischen Strom herbeizuführen. Allein er roch nichts, bemerkt allerdings dabei, dass der heftige Schmerz der Auffassung des Geruches sehr hinderlich sei. Joh. Müller's Ansicht über den electrischen Phosphorgeruch ist seit Schönbein's Nachweis, dass derselbe dem Ozon angehöre, hinfällig. Mechanische Erregung des Geruchssinnes wollte Valentin[3]) beobachtet haben; Fröhlich bestätigt seine Beobachtungen nicht. E. H. Weber[4]) konnte eine thermische Geruchserregung nicht constatiren, obwohl er mit Wasser von 0° bis 50° die Nasenhöhle füllte. Dagegen giebt es, von den Geruchshallucinationen Geisteskranker und Epileptiker (als Aura) abgesehen, Beobachtungen über Erkrankungen des Olfactorius-Stammes, welche mit subjectiven Gerüchen einhergingen, z. B. der eclatante Fall von Lockemann[5]), wo ein Carcinom den einen Tractus olfactorius völlig zerstört hatte. Endlich sind hier die Geruchsträume zu erwähnen. Purkinje (Wachen, Schlaf, Traum und verwandte Zustände. R. Wagner's Hdwbch. III, p. 441) erklärt, keine Erfahrungen darüber zu haben. Das unzweifelhafte Vorkommen derselben wird jedoch bewiesen durch das Zeugniss E. du Bois-Reymond's, das sich bereits in der oben angeführten Rosenthal'schen Dissertation findet (p. 21. Alterum exemplum III, du Bois in semet ipso expertus est, nempe ei somnianti clarae perceptiones olfactus obtigerunt). Nach einer mir von Herrn Geh.-Rath du Bois-Reymond gewordenen werthvollen persönlichen Mittheilung hat derselbe, seitdem er darauf achtet, häufiger Geruchsträume beobachten können.

Soll nun ferner einer jeden Qualität eine besondere Faser zugewiesen werden, so muss man die Frage aufwerfen, ob die Zahl der Geruchsqualitäten eine unbegrenzte sei — eine Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsrechnung; denn nachdem seit Urzeiten täglich die Zahl der Gerüche durch neue sich vermehrt, so würde die Aussicht, dieselbe

---

[1]) l. c. p. 343.

[2]) Rosenthal, De energiis nervorum specificis. Diss. inaugur.

[3]) Valentin, Lehrb. der Physiol. 1848.

[4]) E. H. Weber, Ueber den Einfluss d. Erwärmung und Erkältung der Nerven etc. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1847.

[5]) Lockemann, Zur Casuistik der Geruchsanomalieen. Zeitschr. f. ration. Medic. XII. Bd. p. 340.

einst völlig abgeschlossen zu finden, eine ziemlich geringe sein. Macht man jedoch im Sinne unserer Lehre, da eine unendliche Anzahl der Empfindungen mit der endlichen der Nervenfasern in offenbarem Widerspruch steht, diese Annahme, so wäre das einfachste, dass es so viele Gerüche als Olfactoriusfasern giebt. Abgesehen davon, dass dies einer Praedestination zustimmen hiesse, welche mit den genetischen Anschauungen unserer heutigen Naturwissenschaft in argem Missklang stehen würde, so wäre eine weitere Folge, die selbst durch Axencylindertheilungen kaum geändert wird, die Abhängigkeit jeder Geruchswirkung von der Erregung und Integrität immer eines sehr kleinen Stückchens der Schneider'schen Membran. Nun kommt es allerdings vor, dass Leute manche Gerüche garnicht auffassen, z. B. den der Reseda[1]); allein unsere Einrichtung müsste bei der theilweisen Exposition der Regio olfactoria ganz andere Störungen nach sich ziehen. Ferner müsste die Grösse der durch Geruchsstösse erregten Fläche, abweichend von anderen Sinnen, ganz gleichgültig sein, wogegen sich jedoch v. Vintschgau[2]) ausspricht. Beim Ausathmen nämlich werden die Gerüche weniger deutlich wahrgenommen; zugleich lässt sich aber nachweisen, dass dabei eine viel beschränktere Partie der Riechschleimhaut von der Luft bestrichen wird. Ferner haben die Thiere mit der ausgedehntesten Geruchsfläche auch das feinste Geruchsvermögen. Endlich würde man bei einem derartigen Verhalten gewiss eine relativ bedeutende Concentration der Reizstoffe vermuthen, was nun gerade garnicht sich hier bewahrheitet. So hat man nach Valentin[3]) von $^1/_{20000}$ Mgrm. Rosenöl, $^1/_{5000}$ Mgrm. Schwefelwasserstoff, $^1/_{600}$ Mgrm. Brom etc. noch deutlich ausgesprochene Gerüche.

Sieht man von einer begrenzten Zahl der Gerüche ab, so müssen dieselben überwiegend zusammengesetzte Empfindungen darstellen. Es sind Grundempfindungen anzunehmen, aus deren variirender Mischung die übrigen, wieder mit Hülfe unbewusster Empfindungen, sich herstellen lassen. Doch sehen wir zuvor, wie sich überhaupt die Reizverhältnisse gestalten werden.

Bei der ersten Annahme sind Vorrichtungen erfordert, welche für jede Faser eine specifische Irritabilität für einen besonderen Reizvorgang ermöglichen. Fragt man, ob sich dafür Anhaltspunkte bieten, so

---

[1]) Joh. Müller war in dieser Lage. Handbuch der Physiol. II. Bd., p. 488: „Mehreren riecht Reseda nicht sehr sublim und mehr krautartig, wie Blumenthal anführt, und auch ich bin in diesem Fall“.

[2]) v. Vintschgau, Physiol. des Geruchssinnes in Hermann's Handb. d. Phys. III. Bd. 2. Theil. p. 275.

[3]) Valentin, l. c. p. 279.

muss man die durchaus dunkle und keineswegs zweifellose Art des Reizes erörtern. Da man als Erzeuger des Reizes die materiellen Effluvien des Körpers ansieht, so hält man die Reizübertragung für einen chemischen Process, und um in diesem das Intactbleiben der Endorgane festzuhalten, muss man sich vorstellen, dass dieselben mit leicht restitutionsfähigen chemischen Körpern, wie der Sehpurpur, imprägnirt sind[1]). In unserem Falle wäre dann für jede Faser eine besondere Substanz erforderlich, welche die Eigenschaft haben müsste, im Allgemeinen blos durch eine bestimmte andere chemisch alterirt zu werden. Dem gegenüber hat es auch nicht an solchen gefehlt, die das Wesen des Reizes in mechanischen Verhältnissen suchten; es sollten Schwingungen in den Dunstkörpern[2]) vorhanden sein, die sich dem Geruchsorgan mittheilen. Die Anschauung[3]) findet in den schwingenden Härchen, die M. Schultze bei Vögeln und Amphibien entdeckt und als Riechendorgane aufgefasst hat, einen willkommenen Beleg. Auf einem völlig anderen Standpunkt steht die veraltete Ansicht von Rudolphi[4]), dass „eine nicht näher bestimmbare Modification der Luft stattfindet, wie bei dem Schall".

Die zweite Annahme setzt eine wiederkehrende Gruppe von Fasern voraus, die je specifischen Reizen adaequat sein müssten, ohne dass hier die strenge Sonderung nöthig ist; es kann der Reizstoff der einen Faser die anderen schwach mit erregen. Ueber die Zahl der in einer Gruppe enthaltenen Fasern kann man um so weniger etwas sagen, als die Möglichkeit der Reduction auf Grundempfindungen bei den Düften überhaupt noch nicht nachgewiesen ist. Ein solcher Nachweis würde sich stützen auf eine rationelle Eintheilung der Gerüche; bei einer solchen würde zunächst der mit denselben verbundene Affect gänzlich ausgeschaltet werden müssen. Theilt man die Vermuthung Lotze's, welcher die „Lust an die Förderung, Unlust an die Störung des Lebens knüpft", so würde man allerdings bei den Duftstoffen zwei objectiv nach ihrer chemischen Reaction getrennte Gruppen unterscheiden müssen; allein gerade dies involvirt eine Unabhängigkeit von den Qualitäten und somit von den Fasern, denn wenn Apparate nur dadurch in Function treten, dass sie in schädlicher Weise alterirt werden, so wird dies, da eben der Gegensatz fehlt, auch keinen Anlass zum Unlustgefühl geben. Allein mag das Verhält-

---

[1]) Ogle schliesst aus einer klinischen Beobachtung, dass das Pigment der Epithelialzellen für den Riechact von Bedeutung ist. Erb, Handbuch der Krankheiten des Nervensystems.

[2]) v. Vintschgau, l. c.

[3]) Valentin, l. c. p. 288.

[4]) Rudolphi, Grundriss der Physiologie. Berlin 1823. II. Bd. p. 111.

niss von Empfindung zu Lust und Unlust sein, welches es wolle, es ist kein constantes, wofür sich zahlreiche Belege bei Cloquet[1]) finden; als prägnant sei erwähnt, dass die Orientalen unseren Teufelsdreck „manger des dieux" nennen. Hysterische Frauenzimmer lieben den ekelhaften Geruch gebrannten Horns. Mangelhafte Versuche der Eintheilung wurden von Linné, Haller, Lorny, Fourcroy[2]) gemacht. In neuerer Zeit hat Fröhlich[3]) weniger eine Eintheilung, als eine Gruppirung angegeben, welche zu ganz anderen Zwecken diente und auch nicht erschöpfend ist.

Indem die Zahl der in einer Gruppe befindlichen Fasern beliebig gelassen wird, muss man in dem Endorgan einer jeden eine Vorrichtung, sagen wir eine chemische Substanz, annehmen, welche zu einem bestimmten Duftstoff in einem besonderen chemischen Verhältniss steht; sie könnte dabei auch zu anderen chemischen Körpern noch in Relation sein, mit Unterschieden der intensiven Einwirkung; und demgemäss würde eine zusammengesetzte Geruchsqualität sich unter einer bestimmten Formel präsentiren, in welcher man für die Erregungswerthe auch bestimmte Stoffe — wenigstens annähernd — setzen kann. Der Duftstoff, welchem dieser Geruch angehört, würde eine Wirkung äussern, wie eine Reihe von anderen Stoffen, ohne aus diesen zusammengesetzt zu sein. Diese Mannigfaltigkeit aber der wirksamen Kräfte, welche wir den nicht einfach constituirten Duftstoffen zuertheilen müssen, lässt schliessen, dass es sich um gegenseitige Zersetzungen handele, deren Producte erst Erreger darstellen.

Die bei allen Nervenerregungen, zumal aber solchen chemischen Charakters, nothwendig auftretenden Ermüdungserscheinungen müssen bei unserem vorausgesetzten System qualitätsändernd auf folgende andere Düfte wirken, insofern beiden eine Partialwirkung gemeinschaftlich ist. Diese Bedingung würde bei einer grossen Reihe von Versuchen voraussichtlich öfter hergestellt werden. Auch sind Anomalieen in der Geruchsperception in der Weise zu erwarten, dass Grundempfindungen ausfallen und deshalb ganze Reihen von Gerüchen in ihrer Qualität eine andere Färbung erleiden.

In wie weit diese Forderungen bestätigt werden, ist zum Theil schon gesagt. Man ist sich selbst über die Beziehungen der bekannten Endorgane zum Olfactorius noch nicht im Klaren; Hoffmann und Exner fanden gegen Schiff und Colasanti nach Durchschneidung des Olfactorius Untergehen der Riechzellen (mit Sicherheit nur an Fröschen). Von

---

[1]) Cloquet, Osphresiologie. II. édit. Paris 1821. p. 74 ff.

[2]) Cloquet, l. c. Chap. IV.

[3]) Fröhlich, Ueber einige Modificat. des Geruchssinnes. Citirt bei v. Vintschgau.

anatomischen Unterschieden der Endorgane, gruppenweiser Anordnung und ebenso von in ihnen enthaltenen chemischen Substanzen und deren Verschiedenheiten kennt man garnichts. Dementsprechend ist man weit entfernt, Grundempfindungen des Geruchs, sowie eine Classification der Duftstoffe nach ihrem chemischen Charakter zu kennen. Lassen sich überhaupt Aehnlichkeiten der Gerüche bei chemisch verwandten Dingen nachweisen, so ist damit eine Spur des hier herrschenden Gesetzmässigen unserem Verständniss näher gerückt, wenn auch damit die Frage nach den Grundgerüchen keineswegs gelöst wäre. Dies allererste der Lösung näher zu bringen, machte sich Zennek[1]) zum Vorwurf: „Lässt sich von einer Aehnlichkeit eines Geruchs bei zwei oder mehreren Gegenständen auf irgend eine Gleichheit ihrer substantiellen Beschaffenheit ein Schluss ziehen?“ Selbstredend sind von Werth nur diejenigen Erfahrungen, welche an chemisch einfacheren Körpern gewonnen sind, und da bleibt von dem Zennek'schen Verzeichniss, das meist Vegetabilien, Animalien etc. enthält, wenig, und dies müsste erst von einer grossen Zahl von Personen bestätigt sein, um allgemeine Gültigkeit zu haben. Als nützliche Ergebnisse seien aus seiner Sammlung genannt, dass beim Niederschlag einer kupferhaltigen Silberauflösung durch Aetzkali Blausäuregeruch, bei einer Auflösung von Ammoniumfluorat Rosengeruch entsteht.

Ueber ein complementäres Verhalten von Gerüchen ist selbst bei der grossen Zahl von Versuchen, die z. B. Fröhlich unternommen hat, nichts bekannt geworden, er fand nur, dass einige Stoffe durch ihre Intensität folgende schwächere übertäuben.

Unter der Voraussetzung, dass die Erregungsfähigkeiten einer Substanz für die einzelnen Fasern nicht bei allen in gleicher Proportion zur Reizstärke fortschreiten, würden hier die Beobachtungen, dass manche Stoffe concentrirt anders riechen als verdünnt[2]), für unsere Lehre sprechen.

Endlich weiss man auch von partiellen Anosmieen nicht mehr, als was sich schon bei Cloquet findet, und das sind einige nicht verwerthbare Facta, wonach manche wohl Heliotrop, aber nicht Vanille in Substanz riechen[3]) etc., und von Paraesthesieen sind nur solche bekannt, die sich auf die Empfindung von Lust und Unlust beziehen.

Das Resultatlose der angestellten Betrachtung trifft nicht unsere Lehre, sondern unsere Kenntnisse; sie fällt nur deshalb nicht vortheilhaft für sie aus, weil sich uns der Gedanke aufdrängt, dass es unmöglich

---

[1]) Zennek, Von ähnlichen Gerüchen. Buchner's Repertorium für die Pharmacie. 39. Nürnberg 1831.

[2]) cf. Valentin, l. c. p. 283 und 289.

[3]) Cloquet, l. c. p. 132.

sein möchte, das Bestehen der geforderten Verhältnisse nachzuweisen und dass das Fehlen entgegengesetzter Thatsachen möglicherweise auf dem allgemeinen Mangel derselben beruhe.

Im Uebrigen giebt selbst G. Jäger[1]), der die ungeheure Specificirung der Gerüche am meisten hervorgehoben hat, zu, dass die specifische Verschiedenheit oft nur in den Mischungsverhältnissen begründet sein möge.

Es wäre in der That ebenso wenig Grund, sich einer Ansicht hinzuneigen, welche die Geruchsempfindungen von der Art des Erregungsvorganges ableitete. Eine solche müsste hier zur crassen „Identitäts-Theorie"[2]) werden. Die diesem Sinnesorgan eigenthümliche Erscheinung, dass die Reihe der Gerüche nie abgeschlossen erscheint, jeder neue aber im Allgemeinen von allen als dieselbe und doch mit anderen unvergleichbare Empfindung wahrgenommen wird, zwingt zur Annahme, dass die psychischen Bewegungen in einem bestimmten Grundverhältniss zu gewissen einfachen Nervenbewegungen stehen. Denn wie könnte sonst die anders geartete Bewegung eine bestimmt und für alle gleich charakterisirte Empfindung hervorbringen? Der Vorgang der Reizung kann aber bei solcher Mannigfaltigkeit der Bewegungen nur in dem directen Wirken von Molecular-Verhältnissen des Duftstoffes auf solche der Nerven vorgestellt werden, von deren Art wieder in einem nothwendig bestimmten Modus die psychischen Bewegungen ausgelöst werden. Diese enge Beziehung jedoch zwischen Stoff und Empfindung verdoppelt die Aufgabe, welche unserer Lehre zufällt, indem sie ausser dem Stammbaum der Empfindungen einen ganz entsprechenden der Stoffe selbst nach ihrem moleculären Bau verlangt. Schliesslich folgt die Thatsache, dass Leute wie Droguisten und Parfumeurs einen viel höheren Grad der Unterscheidungsfähigkeit für ähnliches erlangen, mit Nothwendigkeit aus unserem Princip. Denn dies hängt nach demselben von dem Auffassen quantitativer Erregungsunterschiede der Nerven ab, was überall durch Uebung bis zu einer gewissen Grenze verfeinert werden kann, während die von uns entgegengehaltene Ansicht hier nur vage Vermuthungen aussprechen kann. Man kann daher sehr wohl mit Brücke[3]) und

[1]) G. Jäger, Ueber die Bedeutung des Geschmacks- und Geruchsstoffes. Zeitschr. für wissenschaftliche Zool. Bd. 27. p. 319.

[2]) Boll, Zur Anatomie und Physiologie der Retina. du Bois-Reymond's Arch. 1877. p. 4. Die Identitätstheorie nimmt im Gegensatz zur „Interpretationstheorie" einen bestimmten und nothwendigen Zusammenhang zwischen dem die Empfindung begleitenden materiellen Vorgang im Sinnesorgan und der dadurch in der Seele hervorgerufenen Vorstellung an.

[3]) Brücke, Vorlesungen über Physiologie. 2. Aufl. 2. Bd. p. 240.

Hermann[1]) auch bei diesem Sinnesorgan die specifische Energie der Fasern annehmen.

Geschmacksorgan.

Es ist leicht zu sehen, wie dieselbe Betrachtungsweise uns nöthigen wird, beim Geschmackssinn eine ähnliche Gruppirung von specifischen Fasern anzunehmen. Das ist hier scheinbar leichter gemacht.

Unsere Empfindungen sind uns „Zeichen“, und zunächst Zeichen für die Erregung einer bestimmten Faser; insofern aber dieser für gewöhnlich ein bestimmter Reizvorgang entspricht, für einen solchen. Man kann sich hierin verschiedene Grade der Vervollkommnung denken, und während das Geruchsorgan für jeden Reiz ein besonderes Zeichen geben kann, haben wir beim Geschmack für mehrere nur immer eins. So verhält es sich namentlich mit dem Zeichen „Süss“. In diesem Sinne würde man die vier Hauptcategorieen unserer Geschmäcke nicht als Grundempfindungen auffassen können in der Art, dass aus ihnen die anderen sich zusammensetzen lassen; sie würden nur Zeichen von collectiverem Charakter darstellen. Allein es ist nicht blos die überwiegende Häufigkeit des Vorkommens dieser Qualitäten, welche uns das Vorurtheil giebt, dass dieselben die einfachsten dieser Sphäre seien[2]), sondern der Umstand, dass sie gerade mit den chemisch verhältnissmässig einfachen Körpern verbunden sind. Nichts desto weniger genügen sie unserem Gesetz noch nicht als Grundempfindungen, wenn sie nicht fähig sind, durch Mischung in verschiedenen rein quantitativen Verhältnissen die Reihe der anderen Geschmacksempfindungen zu geben. Allein man ist sich kaum klar, ob dieselben überhaupt sämmtlich und reine Geschmäcke vorstellen. Vom sauren und salzigen behauptete Valentin[3]), dass sie „zweideutiger Ar“, von Tast- und Geschmacksnerven zusammen herrührten. Dagegen haben die Versuche von Stich, Schiff, Fick, Neumann und endlich von v. Vintschgau auf das bestimmteste ergeben, dass das „Saure“ eine wahre Geschmacksempfindung sei. Ebenso verhält es sich nach v. Vintschgau's Versuchen mit dem Salzigen. Nur erregen beide Reize in concentrirterer Lösung auch die Gefühlsnerven[4]) und daher

[1]) Hermann, Grundriss der Physiol. Berlin 1877. p. 417.

[2]) Uebrigens geht aus den Versuchen v. Vintschgau's und Hönigschmied's (v. Vintschgau, Beiträge zur Physiologie des Geschmackssinnes. Pflüger's Arch. Bd. 20, p. 225) bestimmt hervor, dass Bitter, Süss, Salzig einfachste Geschmäcke sind.

[3]) Valentin, l. c. p. 293.

[4]) Näheres siehe bei v. Vintschgau, Beiträge zur Physiologie des Geschmackssinnes. III. Pflüger's Arch. 20. Bd. p. 225.

stammen die Zweifel. Diese sind aus dem umgekehrten Grunde bei Bitter und Süss nie aufgeworfen. Dass durch Mischung dieser, nun zweifellos reinen Geschmacksempfindungen, andere Qualitäten entstehen könnten, ist nicht bekannt, allein fast scheint es, als ob wir dieser Forderung überhoben wären. Denn nach den Erfahrungen von Wing, Guyot und endlich v. Vintschgau giebt es eben ausser den genannten überhaupt keine reinen Geschmacksempfindungen, die ganze Summe der für gewöhnlich so betrachteten setzt sich vielmehr zusammen aus Geruchs-, Gefühls- und den erwähnten Geschmacksempfindungen. Hierfür sprechen auch die Fälle von doppelseitiger Anosmie, bei denen trotz exacter Unterscheidung der vier Grundqualitäten der sonstige specifische Geschmack der Ingesta nicht erkannt wurde. Die scheinbaren Ausnahmen, Anosmie ohne Geschmacksstörung, sind von Ogle hinreichend erklärt[1]). In Folge von katarrhalischer Schwellung oder Muskellähmung kann die Inspirationsluft nicht zur Regio olfactoria eindringen, wohl aber vermag dabei die mit Speisedüften geschwängerte Luft durch die Choanen zur Riechschleimhaut zu gelangen. Dadurch wird auch das entgegenstehende Beispiel Picht's hinfällig[2]). Die Armuth an Qualitäten und die abweichenden Verhältnisse der Empfindungsmischung würden sonach dem Geschmacksorgan eine besondere Stellung unter den Sinnesorganen zuweisen. Vielleicht ist es aber auch nur der letzterwähnte Punkt, welcher zur Folge hat, dass das Bittere aller bitteren Substanzen gleich, und das Süsse aller süssen Substanzen gleich empfunden wird, und dass die ihnen zum Theil wenigstens ohne Zweifel innewohnenden anderweitig erregenden[3]) Eigenschaften nicht zur Geltung kommen, statt eine Modifikation der Färbung zu verursachen.

Die Bedingungen der specifischen Reizanpassungen der Fasern müssen in chemischen Differenzirungen der Stiftzellen gelegen sein. Dass nicht blos die Geschmacksknospen überhaupt, sondern ausschliesslich die inneren Geschmackszellen mit den Nervenfasern sich verbinden, macht Hönigschmied[4]) nach Chlorgold-Präparaten wahrscheinlich, und zugleich, dass dieselben die wahren Endorgane der Geschmacksnerven dar-

---

[1]) Näheres bei Erb, Krankheiten des Nervensystems. 1. Hälfte. In Zimssen's Handbuch. p. 930.

[2]) F. Picht, De gustus et olfactus nexu praesertim argumentis pathologicis et experimentis illustrato. Dissert. Berolini. 1829. Picht hatte keinen Geruch, behauptete aber doch, alle Geschmäcke unterscheiden zu können.

[3]) Dies gilt nach v. Vintschgau besonders für bittere Stoffe. l. c. p. 252 f. Chininum sulfur. z. B. erregt auch schwach die sauren Fasern etc.

[4]) Hönigschmied, Beiträge zur mikroskopischen Anatomie über die Geschmacksorgane der Säugethiere. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 23. 3. Heft. p. 431 ff.

stellen, während allerdings Leydig eben diese für Zellen von rein secretorischer Function ansieht. Dass das Wesen der Reizwirkung hier ein chemisches ist, ist wohl über allen Zweifel erhaben, freilich hat Bellini einst es in dem mechanischen Eindruck der verschieden gestalteten kleinen Theilchen, z. B. der crystallinischen Salze gefunden[1]) Dennoch zeigt die Gruppirung der Körper nach ihrem Geschmack keine durchgehenden chemischen Charaktere, und dies muss uns auch hier veranlassen, die Wirkung auf den Nerven durch Zersetzungsproducte gewisser chemischer Substanzen vermittelt zu sehen, welche in den Stiftzellen enthalten sind und eine gewisse Breite, aber zugleich Specificität der Reactionsfähigkeit besitzen, d. h. nicht blos durch ein, sondern durch mehrere verschiedenartige chemische Wesen in gleicher Weise angegriffen werden können. Ob die Anordnung der vorausgesetzten Fasern und ihrer chemisch verschiedenen Endorgane — welche sich nun wieder innerhalb der Geschmacksknospen selbst finden könnte — jemals wird nachgewiesen und damit ein exactester Beweis für unser Gesetz wird geliefert werden können, ist auch hier wieder höchst zweifelhaft.

Ueberall wo bei Sinnesflächen die Localität der Reizwirkung veränderlich ist, findet man auch erhebliche locale Variationen seiner Einrichtung im Verlauf des Apparates, so bei Auge, Haut. Dasselbe ist, also ein Wechsel in der Vertheilung der Fasern, für das Geschmacksorgan zu erwarten. Dieser wird sich theils in Modificationen der Qualität, theils in solcher der Intensität des Eindrucks äussern, wobei im Allgemeinen vorausgesetzt wird, dass die Reizwirkung eines Geschmackskörpers keine ganz exclusive ist. Die relative Intensität wird durch die Reactionszeit gemessen, und letztere zeigt in der That nach v. Vintschgau[2]) und Hönigschmied in der Weise Unterschiede, dass sie am Zungengrunde geringer als an der Spitze, dagegen für die einzelnen Qualitäten ziemlich gleich ist, während sie an letzterer Unterschiede zeigt und namentlich für „Bitter“ verlängert ist. Auch die Modificationen der Qualität finden wir bestätigt in den umfänglichen Versuchen von Horn, Picht, Guyot, Lussana und Inzani. Während im Einzelnen hier zwischen den Untersuchern Discordanzen herrschen, geht doch, trotz der Einwände von Stich und Schirmer, als sicher hervor, dass fast alle Salze an der Zungenspitze sauer und salzig, am hintern Theil der Zunge bitter und metallisch schmecken. Horn findet auch die Säuren an der Zungenbasis meist bitter.

---

[1]) Rudolphi, l. c. Bd. II. p. 96.

[2]) v. Vintschgau, Physiologie des Geschmackssinnes in Hermann's Handbuch. III. Bd. 2. Theil.

In Betreff der pathologischen Vorkommnisse würde hier den bei der partiellen Anosmie entwickelten Forderungen der allerdings einzige und noch dazu nicht ganz klare Fall von Jacubowitsch[1]), wo ein lepröser Kosak Süss und Salzig, aber nicht Bitter und Sauer schmeckte, entsprechen. Ferner sollen bei Otitis media suppurativa nicht alle vier Geschmacksarten in der Perception gleich herabgesetzt sein[2]). Bei der Geschmacksperception überhaupt, bei welcher man von dem Begriff eines Normalen noch garnicht reden kann, kommen so viele physiologische Variationen vor, dass dieselben vollständig die Rolle pathologischer Vorkommnisse würden vertreten können, wenn wir eben ein bestimmtes Maass des Normalen hätten. So fand v. Vintschgau bei verschiedenen vollkommen gesunden Individuen eine so verschiedene Entwickelung des Geschmackes an der Zungenspitze, dass er vier vollkommen abgegrenzte Reihen unterscheiden kann[3]) Urbantschitsch macht auf individuelle Einschränkungen der Perception für einzelne Geschmäcke auch an anderen Theilen des Geschmacksfeldes aufmerksam.

Sollten diese Ergebnisse für die moderne Form unserer Lehre noch nicht positiv genug erscheinen, so ist zu erinnern, dass selbst die ältere Mühe hatte, sich den Geschmackssinn zu erobern.

Am ausgedehntesten sind die Discussionen darüber, ob die allgemeinen Nervenreize in den Geschmacksnerven Geschmacksempfindung erzeugen, für die electrische Reizung geführt worden. Die Kenntniss des electrischen Geschmackes ist älter als unsere Lehre. Volta's Angabe, dass an der Anode saurer, an der Kathode alkalinischer Geschmack entstehe, brachte schon vor der Entdeckung der electrolytischen Eigenschaften des Stromes Humboldt[4]) auf den Gedanken, dass es sich um ein wirkliches Schmecken von durch die veränderte Thätigkeit der Gefässe abgesonderten Säften handle. Damit war angegeben, was der Versuch zu eliminiren hatte. In dieser Richtung bewegten sich die beiden Versuche von Volta, der von Monro[5]) und später zwei von Rosenthal[6]), nur dass es sich nun um das Schmecken von Electrolyten handelte. Auf die Ausscheidung von Electrolyten zwischen feuchten

---

[1]) Erb, l. c.

[2]) Urbantschitsch, Beobachtungen über Anomalieen der Tastempfindung und der Speichelsecretion in Folge von Erkrankungen der Paukenhöhle. Stuttgart 1876.

[3]) Näheres bei v. Vintschgau, Beiträge zur Physiologie des Geschmackssinnes. I. Theil. Pflüger's Archiv. Bd. XIX. p. 252.

[4]) F. A. v. Humboldt, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser etc.

[5]) du Bois-Reymond, Untersuchungen über thier. Electricität. p. 287.

[6]) J. Rosenthal, l. c. — Ueber den electrischen Geschmack. du Bois-Reymond's Archiv. 1860. p. 217.

Leitern und deren Bedeutung für die Versuche von Monro und Volta macht Du Bois-Reymond selbst aufmerksam[1]); allein es heisst zu weit gegangen, wenn Hermann[2]) meint, dass bereits bei so schwachen Strömen, wie sie zur Erzeugung des electrischen Geschmackes hinreichen, eine Ausscheidung von Electrolyten zwischen Nerveninhalt und -Hülle stattfinden könne. Einen in ähnlicher Weise gefassten Einwurf hat Gruenhagen[3]) durch Versuche zu stützen gesucht; die Rosenthal'schen Versuche erscheinen jedoch nichts desto weniger als absolut beweisend. v. Vintschgau führt zur Stütze der Ansicht von der directen Erregung den alten Ritter'schen und von ihm zum Theil bestätigten Versuch von der Umkehrung des Geschmackes nach Oeffnung des Stromes an, und Du Bois-Reymond spricht sich ganz entschieden dafür aus, dass die electrische Geschmackserregung als unmittelbare Wirkung auf den Nerven aufgefasst werden muss[4]).

Allein indem diese Erfahrung die Grundlagen der Lehre zu befestigen scheint, legt sie derselben ein neues Räthsel vor. Der Strom müsste alle Fasergattungen gleichmässig reizen und folglich eine Mischempfindung verursachen oder zum mindesten eine, in welcher sich alle vier Grundqualitäten zu erkennen geben; allein weder ist letzteres der Fall, noch kann man sauer und alkalisch als erstere betrachten. Endlich ist es aber überhaupt räthselhaft, dass die Richtung des Stromes einen Einfluss auf die Qualität haben soll. Allerdings haben wir beim Auge eine ähnliche Erfahrung. Geht ein schwacher aufsteigender Strom durch den Sehnerven, so wird das dunkle Gesichtsfeld (bei geschlossenen Augen) heller und weisslich-violett; die Papille erscheint als eine dunkle Scheibe. Bei absteigendem Strome dagegen wird das Licht-Chaos dunkler und röthlich-gelb, während die Papille sich als blaue Scheibe abhebt. Allein diese Erscheinungen werden bekanntlich mit Anwendung der Pflüger'schen Gesetze auf den N. opticus erklärt und mit der Voraussetzung, dass das Cerebralende der Nerven der Sitz der zweifellos bestehenden fortdauernden Erregung des Sehnerven sei. Dieser Zustand wird durch den aufsteigenden Strom vermehrt, durch den absteigenden vermindert. Die Wahrnehmung der Papille wird auf eine Contrast-Erscheinung der unmittelbar herumliegenden Netzhauttheile bezogen, welche in Folge des Leitungswiderstandes, den die dahinter liegende Sehnervenscheibe abgiebt, weniger vom Strom getroffen werden[5]). Beim

---

[1]) Untersuchungen. I. Bd. p. 379.

[2]) Hermann, Grundriss der Physiologie. 6. Aufl. Berlin 1877. p. 421.

[3]) Funke-Gruenhagen, Lehrbuch der Physiologie. 6. Aufl. II. Bd. p. 78f.

[4]) Untersuchungen etc. p. 287.

[5]) Helmholtz, Phys. Optik. p. 204, 582, 840.

Geschmack haben wir keine Möglichkeit, die electrischen Erscheinungen in analoger Weise zu erklären; weder ist uns ein „Eigengeschmack“ bekannt, noch ist es wahrscheinlich, dass ein solcher in seiner Steigerung die saure, in seiner Verminderung die laugenhafte Qualität annehmen würde. Wollte man selbst der Analogie halber ein solches Verhältniss für möglich befinden, so würde dadurch unsere Anschauung von der Vertheilung der Grund-Qualitäten von verschiedenen Fasern offenbar nicht gestärkt werden; wir wüssten nicht, wie gerade das Saure so in den Vordergrund treten könnte. Es bleibt ausser diesem, da die Dinge am Sehnerven sich ohne Zweifel so verhalten, wie sie Helmholtz erklärt, nur noch der Weg, die Analogie der Erscheinungen fallen zu lassen, was wohl der angedeuteten Schwierigkeiten wegen am gerathensten erscheint. Die electrische Geschmacksreizung ist also ein Phänomen, welches uns zwar zeigt, dass die Geschmacksnerven, electrisch erregt, in ihrer specifischen Energie empfinden, mit unseren Vorstellungen über die specifischen Qualitäten der einzelnen Fasern jedoch vorläufig nicht vereinbar ist.

Man könnte versucht sein, das Phänomen, namentlich den metallischen Geschmack an der Kathode, auf eine Trübung durch Miterregung der Gefühlsnerven zurückzuführen, allein v. Vintschgau, der keinen Geschmack an der Zungenspitze hat, macht auch dort die electrische Reizung vergeblich und in einem von Moos[1]) berichteten Falle von halbseitiger Geschmackslähmung durch Verletzung der Chorda tympani bestand, während die Sensibilität nicht abgestumpft war, kein electrischer Geschmack.

Zu bemerken ist übrigens, dass in den Versuchen von v. Vintschgau auch an der Anode häufig metallischer und an der Kathode zuweilen säuerlicher Geschmack erschien.

Weniger glücklich für das Fundament unseres Gesetzes, die Müller'sche Theorie, sind die Beobachtungen über die mechanische Reizung gewesen; offenbar aus dem entgegengesetzten Grunde wie bei Ohr und Nase. Dort kann der mechanische Reiz kaum applicirt werden, hier übertrifft er fast den adaequaten an Häufigkeit. Es wäre in der That ein unzweckmässiges Verhalten, wenn die Geschmacksnerven in keiner Weise vor mechanischen Attacken geschützt wären. Ist dies nicht der Fall, so kennten wir überhaupt keine reine Tastempfindung hier und hätten kein Mittel, eine scharfe Grenze zwischen ihr und der Geschmackssphäre zu ziehen. So scheint es aber auch zu sein und

---

[1]) Moos, Ein Fall von Geschmackslähmung nach Exstirpation eines von der Steigbügelregion entspringenden Polypen. Zeitschr. f. Ohrenheilkunde. VIII. p. 222.

dieses Verhältniss verursacht die Verschiedenheit der sich findenden Angaben. Ein reines Stück Stahl an die Zunge gedrückt, giebt nicht blos einen Druck, die Empfindung ist in die Geschmackssphäre hinein gefärbt; ein chemisches Schmecken kann aber wegen der Unlöslichkeit hier nicht vorhanden sein. So behauptete Henle, dass ein feiner Luftstrom sich salzig schmecken lasse, was sowohl Valentin[1]) wie Stich[2]) als directe Geschmackserregung nicht gelten lassen. Valentin selbst hat widersprechende Angaben über Geschmacksempfindung beim Zusammendrücken der Zungenwurzel gemacht, aber sowohl R. Wagner wie v. Vintschgau haben dabei ein bitteres Gefühl. Schwache Berührung wird bald bitterlich (Valentin[3])), bald sauer und salzig genannt (Baly)[4]). Lewes behauptet, qu'un gargarisme avec de l'eau froide longtemps continuó produisait une saveur douce. Eintauchen der Zungenspitze in kaltes Wasser giebt eine metallisch-bitterliche Färbung. Bei Berührung der Gegend der Pap. circumvallatae tritt bei mir bitter und salzig häufig, jedoch stets nur als Nachempfindung auf. Joh. Müller begnügte sich mit der Thatsache, dass Ekelgefühl auch durch Berührung entstehe; dieses aber rechnete er der Geschmackssphäre zu. Man hat über das Ekelgefühl jede denkbare Auffassung vertheidigt und der letzte Erörterer der Frage, Stich, hat es für ein Muskelgefühl erklärt, das bei der würgenden Contraction der Schlundmuskeln entstehe[5]). Es ist nun zu bemerken, dass man beim fortschreitenden Berühren des harten Gaumens an Zonen kommt, wo diese Berührung eine eigenthümliche Färbung annimmt, die noch etwas weiterhin in Ekel übergeht. Dies erweckt die Vorstellung, dass es sich hier um eine, in das Gebiet der Localzeichen gehörende Färbung der Tastempfindungen handle. Die Localzeichen pflegen auch sonst durchgehende regionäre Charaktere zu besitzen, wie schon aus den Fällen von operirten Blindgeborenen hervorging, und hier erscheint diese regionäre Färbung als besonderes Gemeingefühl, weil sie zu unangenehm wirkt, um eine Objectivirung zu gestatten[6]), und aus diesem Grunde erklärt es sich auch, dass bei der reflectischen Entstehung des Ekels man nicht das Gefühl eines berührenden Gegenstandes hat. Dieses locale Ekelgefühl geht nun meist mit Würgebewegungen einher, welche ebenfalls gefühlt werden und

---

[1]) Valentin, l. c. p. 305.

[2]) A. Stich, Charité-Annalen. 8. Jahrg. 2. Heft. Ueber das Ekelgefühl.

[3]) l. c. p. 305.

[4]) Cit. bei Lewes, L'Energie specifique.

[5]) A. Stich, l. c. (Ueber das Ekelgefühl. Charité-Annalen. 8. Jahrg. 2. Heft. p. 22.) — Ebenso Schiff, Muskel- und Nervenphysiologie. p. 404.

[6]) Lotze, Medicin. Psychologie. p. 282.

dadurch das Bild trüben. Was aber Bidder veranlasst, den Ekel den Gefühlsnerven abzustreiten[1]), dass nämlich die Durchschneidung des N. glossopharyngeus, welche den Ekel aufhebe, keinen Schmerz gebe, ist nicht stichhaltig. Denn nach Schiff[2]) vermittelt dieser Nerv auch Gefühl und ferner kann auch vom Trigeminus aus Ekel erregt werden. Es sei hier erwähnt, dass eine Beobachtung von Henle[3]) vorliegt, in welcher eine Geschmacksempfindung wahrscheinlich auf dem Wege der Mitempfindung entstand; bei einem Stoss auf die Supraorbitalgegend hatte er einen salzigen Geschmack. Die directe Fortleitung des Stosses auf einen Nervenstamm könnte jedoch hier auch gedacht werden.

Wenn die Erregung eines gewissen Centraltheiles nothwendig Geschmacksempfindung geben muss, so sind Beobachtungen über subjective Geschmäcke zu erwarten. Solche kommen als Hallucinationen bei Geisteskranken und Hysterischen häufig vor. Die Versuche von Dupuytren, R. Wagner u. A., subjective Geschmäcke zu erzeugen, sind sämmtlich zweideutiger Natur und ebenso die Geschmackshallucinationen nach Santonin (Rose). Was die Geschmacksträume anbetrifft, so findet sich auch hierfür ein Beispiel bei Rosenthal. Der Königsberger Prof. Winther träumte, er leide an Diabetes mell. und schmeckte seinen Urin im Traume deutlich süss. Im Uebrigen beruft sich Verf. wieder auf das Zeugniss du Bois-Reymond's, der solche Träume unzweifelhaft bei sich beobachtet hat.

Die Chorda iu ihrer Continuität zu reizen, hatte v. Tröltsch bei einem Kranken Gelegenheit[4]). Dieser gab ein „eigenthümliches Stechen" in der Zunge, leider aber keine Geschmacksempfindung an. Jedenfalls kann man, da die Chorda wohl auch Tastnerven führt, hieraus keine Waffe gegen unsere Lehre machen. Im Uebrigen hat gerade der Geschmackssinn in neuerer Zeit warme Vertheidiger der Lehre von den specifischen Energieen gewonnen, vor allem in v. Vintschgau und Urbantschitsch.

Haut.

Wenn unsere Lehre, die bei Auge und Ohr so festen Boden hat, bei Geruch und Geschmack viele Schwierigkeiten fand, so stösst sie bei der Haut auf ein völlig verworrenes Gebiet. Der Grund davon ist ein-

---

[1]) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. p. 1. „Schmecken."
[2]) Schiff, l. c. p. 399.
[3]) Henle, l. c. p. 109.
[4]) v. Tröltsch, l. c. p. 443. (Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Aufl. p. 443.)

mal der, dass die verschiedenen Sinnessphären, welche in der äusseren Haut localisirt sind, nicht in anatomisch greifbarer Weise von einander geschieden und dadurch in ihrer Individualität gekennzeichnet sind, wie die vorher behandelten Sinnesorgane.

Weiterhin ist die Natur des Hautsinnessystems zum grössten Theil derartig, dass der qualitative Inhalt der sinnlichen Empfindung zurücktritt gegen die Gefühlswahrnehmung. Während es sich so bei Tastsinn und Drucksinn verhält, tritt bei Temperatur- und Schmerzsinn, Kitzelgefühl etc. der psychische Eindruck in den Vordergrund, der qualitative Inhalt dagegen zeigt eine eigenthümliche Unbestimmtheit und Blässe, er ist im Vergleich zu anderen Sinnesempfindungen wenig scharf charakterisirt, so dass man sich häufig verzweifelt nach Worten umsieht, wenn es sich darum handelt, hier verständlich zu schildern.

Dieser Umstand, verbunden mit der anatomischen Diffusion, führt leicht dazu, die Qualitäten auf einen einzigen, überall in der Haut verbreiteten Nervenapparat zu häufen, daher die Bezeichnung: einfach sensible Nerven. Das Gesetz von den specifischen Energieen aber erheischt gerade eine scharfe anatomische Geschiedenheit und hat es gerade mit dem sinnlichen Empfinden selbst zu thun.

Die ältere Theorie hatte das Hautsinnessystem als ein Ganzes aufgefasst und so leicht in ihre Beweisführung eingefügt. Die Erschütterungen des Schalles machen hier ein vibrirendes Gefühl, die Oscillationen des Lichtäthers werden hier als Wärme aufgefasst, die Electricität verursacht Schmerz. Allein gerade in dem Gesetz der specifischen Energieen suchen die verschiedenen Sinne, welche hier aus Gründen dor Uebersichtlichkeit aus einander gehalten zu werden pflegen, die Klärung ihres gegenseitigen Verhältnisses, ihrer Zusammengehörigkeit oder vollständigen Trennung. Diese beiden Richtungen, welche sich in den auf das Hautnervensystem bezüglichen Arbeiten gleichweise verfolgt finden, ergeben für unser Princip eine ganz verschiedene Fragestellung. Für die Zusammengehörigkeit müsste die Einfachheit der verschiedenen Qualitäten zum Theil aufgehoben und gezeigt werden, wie aus der einen durch Mischung und quantitative Veränderung die anderen sich herstellen lassen; für die Trennung müssten die Qualitätenkreise als anatomische und physiologische Sonderindividuen nachgewiesen werden. Jedoch die letztere Richtung war für unsere Lehre die natürlichere, denn was bei anderen Sinnesorganen die verschiedenen Qualitäten vereinigte: die Gleichheit des Reizvorganges fehlt hier zum Theil.

Und so tritt ihr E. H. Weber's bekannte Beobachtung, dass ein kalter Gegenstand schwerer erscheine als ein warmer von gleichem Gewicht, hemmend entgegen und noch mehr seine Auslegung, welche

Temperatur und Druck auf die gleichen bläschenförmigen Endorgane wirken lässt und so naturgemäss die Zusammenziehung durch Kälte als eine mit dem Druck gleichgerichtete Bewegung ansieht. Abgesehen von der Goltz'schen Vermuthung, dass der kalte Thaler durch Zusammenziehen der Haut mehr Nervenenden unter seine Fläche bringe, wurde die entgegenstehende Erklärung, dass es sich um eine Täuschung des Urtheils handle, befestigt durch die Untersuchungen von Szabadföldi, welche dieselbe Interferenzerscheinung bei relativ hohen Temperaturen lehrten; zum mindesten wurde Weber's Auslegung erschüttert, während Funke sogar Veranlassung nimmt, eine Geschiedenheit der Sinne daraus herzuleiten, indem die betreffenden Temperaturgrade erhöhend auf die Perceptionsfähigheit des Drucksinnesapparates wirken sollten.[1] Dass in der That nur eine Summirung der Eindrücke vorliege, sucht Nothnagel[2]) durch einen Versuch zu beweisen[3]). Wenn zwei runde Metallscheiben, von gleichem Durchmesser, aber verschiedenem Gewicht, auf dieselbe Temperatur erwärmt oder erkältet werden, so erscheint die schwerere wärmer resp. kälter. Es ist wohl aber ersichtlich, dass es sich hier um ein Phänomen der Leitung handelt, welche durch die vollständigere Berührung des schwereren Körpers begünstigt wird. Den Gegensatz zwischen der Weber'schen Anschauung und unserer Lehre schienen die Beobachtungen von Fick und Wunderli[3]) versöhnen zu wollen. Aus der Thatsache, dass schwache Temperaturreize verwechselt werden können mit schwachen Druckreizen, folgern sie, dass jede Druck- und Temperaturempfindung aus einer verschieden grossen Summe gleichartiger discreter Einzelempfindungen bestehe, deren verschiedene Stärke zugleich mit verschiedener durch den Raumsinn bemerkter Anordnung die Qualität der Gesammtempfindung bedinge. Wenn an jedem Punkte der Haut Temperatur empfunden werden kann, so müssen an jedem sich auch Temperaturnerven finden; dennoch lässt sich durch einen punktförmigen Wärmereiz nur schwer Temperaturempfindung erzielen, und es entsteht so der Anschein einer gewissen Indifferenz der Einzelempfindung. Dieses Verhältniss bildet die eigentliche Grundlage der Wunderli'schen Ansicht. Eine weiter hier einschlagende Erscheinung ist, dass bei Reizung mit einer erwärmten Nadelspitze stets ein breiteres Wärmegefühl erscheint als die Ausdehnung des Reizes beträgt, es scheint darnach, dass es nicht möglich ist, die Erregung eines Temperaturnerven

---

[1]) O. Funke, Der Tastsinn und die Gemeingefühle in Hermann's Handbuch der Physiologie. p. 321.

[2]) Nothnagel, Zur Physiol. und Pathol. des Temperatursinnes. Deutsches Archiv f. klin. Medicin. II. Bd. 1867. p. 299.

[3]) Moleschott's Untersuchungen. 1860. VII. Bd. p. 293.

für sich zu empfinden, sondern dass immer erst eine gewisse Summe vom Reiz getroffen sein muss. In diesem Kreise wirken die Einzelreize offenbar lediglich, indem sie sich zu einander addiren, Modificationen werden innerhalb desselben durch den Reiz nicht geschaffen; und dieser Gleichmässigkeit wegen muss auch die ideelle Einzelempfindung den Charakter einer Temperaturempfindung haben, ohne dass sie jedoch damit den Schwellenwerth erreicht. Sollte aber selbst in diesem kleinen Kreis die Distribution Ursache der Qualität sein, so ist nicht einzusehen, wie bei Contact mit einer gleichmässig erwärmten Fläche, wo die Unterschiede der Distribution in den einzelnen Kreisen aufgehoben werden, noch Wärmegefühl entstehen kann. Die Wunderli'sche Hypothese hat besonders durch Funke[1]) ihre Kritik erfahren.

Es giebt also bis jetzt keine Thatsachen, welche einer Scheidung des Temperatur- und Gefühlssinnes, wie sie die Lehre von den specifischen Energieen bedarf, entgegenständen. Man führt, z. B. Adamkiewicz, für das Bestehen einer solchen die Versuche von Alsberg an[2]). Dieselben zeigen allerdings das Factum, dass ein anämischer Zustand der Haut den Raumsinn verringert und den Temperatursinn verfeinert. Allein die Interpretation, welche er selbst davon giebt[3]), dass nämlich bei zu geringer Füllung der Gefässpapillen die Oscillationen der Tastkörperchen (hierin lehnt er sich an Meissner an) beschränkt werden, die Verminderung der Wärme aber bei dem langsameren Durchfluss des Blutes langsamer ausgeglichen, die Nervenenden mithin stärker abgekühlt werden, zeigt, dass eine Trennung der Temperatur- und Tastnerven dadurch nicht nothwendig gefolgert zu werden braucht. Und der Theil seiner Auslegung, welcher die Temperaturnerven betrifft, erscheint recht plausibel, es genügt aber, nur für die eine Hälfte der Erscheinungen eine mechanische Erklärung zu geben, um die Forderung eines doppelten Fasersystems unberechtigt erscheinen zu lassen. Anders steht es mit Folgendem: Adamkiewicz hat in neuerer Zeit gefunden, dass, während Tast- und Schmerzempfindlichkeit „bilaterale Functionen" sind, d. h. durch Sinapismen an der Stelle der Reizung erhöht, an der entsprechenden der anderen Seite herabgesetzt werden, ein solcher sinapiscopischer Transfert beim Temperatursinn nicht möglich ist. Die bilaterale Function ist ihm aber der Ausdruck eines bilateral angelegten Nervenapparates, und deshalb können „die Temperaturnerven mit denen des Schmerzes und des Tastsinnes nicht identificirt werden".

[1]) Funke, l. c. p. 322 ff. — cf. auch Nothnagel, l. c. p. 298.

[2]) Alb. Adamkiewicz, Ueber den Einfluss des Senfteiges auf Anästhesie und normale Empfindung. Berl. klin. Wochenschr. XVIII. Jahrg. No. 12 und 13.

[3]) Alsberg, Untersuchungen über den Raum- und Temperatursinn bei verschiedenen Graden der Blutzufuhr. Diss. Marburg 1863.

Tast- und Drucksinn.

Bei der Trennung der verschiedenen Sinne muss die Lehre wieder, und zwar an jedem Punkt der Haut, eine Gruppe von specifisch verschiedenen Fasern annehmen; hier macht schon die Zahl derselben Schwierigkeiten. Als elementare Hautempfindungen werden für gewöhnlich, von den Gemeingefühlen abgesehen, Druck-, Temperatur und Ortssinn bezeichnet. Meissner's[1]) „einfache Tastempfindung" und Vierordt's[2]) „Bewegungsgefühl" können in den Bereich der Betrachtung nicht gezogen werden, nicht deshalb, weil der Nativismus ein überwundener Standpunkt sei (physiol. Optik p. 441), sondern weil sie dem Geiste unserer Lehre zu fern stehen, um ohne Noth sie an ihnen zu prüfen.

Wie der Ortssinn nach empiristischen Anschauungen von localen Färbungen des Tastgefühls, den Localzeichen, abhänge, diese aber selbst besondere Energieen der Tastnerven darstellen, ist gezeigt worden. Dieselben in der Empfindung wahrzunehmen, gelingt hier besser als beim Auge, besonders wenn man die örtliche Vorstellung möglichst unterdrückt. Berührt man die eigene Hand mit einer Sonde, so hat man vor jedem Contact durch den Anblick der Stelle schon eine Vorstellung der folgenden Qualität, und man kann dadurch ersehen, bis zu welchen Grenzen die einzelnen Färbungen dem Gedächtniss eingeprägt sind; zuweilen nämlich irrt man sich auch, die erwartete Qualität trifft nicht ein.

Wenn überall Fasern mit besonders charakterisirten Empfindungen existiren, so muss die Berührung einer Hautfläche den Eindruck einer grossen Zahl punktförmiger Wahrnehmungen geben. Allein die Sonderung der Fasern hat eine gewisse Grenze, welche seit E. H. Weber's Messungen genauer bekannt ist. Eine gewisse Zahl von Einzelerregungen giebt noch eine einzige nicht gesonderte Empfindung. Innerhalb dieser jedoch wirken die Localzeichen der Einzelerregungen und ziehen, nicht mächtig genug zur völligen Zersplitterung, dieselbe breit. So werden die Distancen der Endorgane überbrückt, indem jedes gewissermassen einen Zerstreuungskreis wirft, und man hat das flächenhafte Berührungsgefühl. Dies verhält sich nicht anders als bei der Retina. „Ein Object, dessen kleinste Theilchen unter einem kleineren Gesichtswinkel als 30" er-

[1]) E. Meissner, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853. — Zur Lehre vom Tastsinn. Zeitschr. f. rat. Medic. IV. p. 260.

[2]) C. Vierordt, Die Bewegungsempfindungen. Zeitschr. f. Biologie. XII. p. 226. Die räumlichen Anschauungen sind mit entsprechenden räumlichen Empfindungen verknüpft. Mit den Bewegungszuständen des Körpers sind Empfindungen verbunden, welchen die Attribute der reinen Empfindung zukommen etc.

schienen, und welche ebensoweit von einander entfernt wären, müsste als völlig homogen erscheinen[1].“ Gleichwohl sieht man nach Anstrengungen des Auges im dunkeln Gesichtsfelde zwar auch Flecken etc., aber vorwiegend unzählige Punkte von schwacher Lichtintensität hier und da auftauchen, aus demselben Grunde wie bei der Formication[2], weil dieselben nicht in gleichzeitiger Nebeneinanderordnung entstehen. Der Einzeleindruck muss offenbar durch Verbreiterung an Intensität verlieren, aber durch Summation wird der Totaleindruck verstärkt. Verbindet man eine Gruppe von Nadeln in einigem Abstande fest mit einer einzelnen und berührt mit dieser Vorrichtung leicht den Handteller, so dass von einem Eindringen der Einzelnadel in die Haut nicht die Rede sein kann, so hat man hier eine leicht stechende Empfindung, dort dasselbe Gefühl, als ob man mit dem Ende eines Zündholzes berührt würde. Hier hat die Einzelempfindung an Werth verloren, insofern ihr stechender Charakter aufgeht, jedoch nur zu Gunsten einer anderen Empfindungsqualität des Druckgefühles. Dieselbe Gruppe von Nadeln macht auf der Volarfläche des Vorderarms keine Flächen-, sondern eine punktförmige Empfindung, weil die Werthverschiedenheit der Localzeichen auf dem berührten Stück nicht gross genug ist, um die Einzeleindrücke flächenhaft auseinanderzuordnen.

Was Druck und Berührung unterscheidet, ist demnach die Intensität der Einzelerregung und die bei zunehmender Stärke derselben erfolgende relative Abschwächung der localen Färbung. Ist letztere nämlich eine specifische Eigenschaft der centralen Apparate, so ist nicht nothwendig, dass ihre Sättigung mit der Stärke der Erregung stetig zunimmt.

So könnte man Ortssinn wie Drucksinn aus der einfachen specifischen Empfindung der einzelnen Faser herleiten. Diese selbst muss man daher heranziehen, wenn den allgemeinsten Anforderungen unserer Lehre entsprochen werden soll. Sie antwortet auf electrische Reize und sie entsteht bei Reizung des Nervenstamms (N. ulnaris, N. ischiadicus) als excentrische Wahrnehmung. Sie erscheint bei chemischen Reizen (z. B. durch Carbolsäure) und aus innerer Reizursache in der Formication. Auch wenn man letztere den Gemeingefühlen zuzählt, so ist deshalb ihr qualitativer Inhalt nicht geändert noch auch bewiesen, dass nicht durch gewisse Modificationen ihrer Erscheinung sie zur objectivirten Empfindung werden könne[3].

---

[1]) Aubert, l. c. 215.

[2]) Auch Helmholtz vergleicht die Bilder, welche durch Druckreiz der Retina entstehen, mit der Formication. Phys. Optik p. 198.

[3]) Cf. E. H. Weber, Der Tastsinn und das Gemeingefühl in R. Wagner's Handwörterbuch. — Lotze, Med. Psychol. p. 282 f.

Wenn sonach den allgemeinen Nervenreizen gegenüber die specifische Empfindung erscheint, so würde nichts daran geändert werden, auch wenn der adaequate Reiz zu ersteren gehörte. Letzteres hat Wundt als Einwurf hervorgehoben. Allein hier wird der Reiz durch den Grad specifisch; während 0,002 Grm. auf der Stirnhaut schon Tastempfindung geben, agirt der motorische Nerv erst bei Belastung von mehreren Grammen als allgemeinem Nervenreiz und ähnlich verhält es sich mit den Temperaturreizen.

Temperatursinn.

Beim Temperatursinn setzt selbst ein präsumirtes Fasersystem unserer Lehre Schwierigkeiten, durch die doppelte Qualität, welche er vermittelt, die der Kälte und Wärme. Wenn auch die entsprechenden Reize nur in einem quantitativen Unterschiedsverhältniss angeordnet sind, so verwandeln wir dies, indem wir die Temperatur der Haut dazwischensetzen, in ein gegensätzliches. Denn die Hering'sche Anschauung[1]), dass das Bestimmende für die Temperaturempfindung die Eigentemperatur des thermischen Apparates sei, ist plausibler als die von Vierordt, welcher die Richtung der Wärmeströmung entgegengesetzt sein lässt[2]). Jedoch bei beiden besteht der gegensätzliche Modus in der Reizwirkung, und nicht weniger zeigt ihn die Empfindung selbst. Demgemäss muss die Lehre zwei verschiedene Fasern verlangen; von diesen würden die Kälte-empfindenden nur durch Herabsetzung der Temperatur gereizt, und umgekehrt die Wärme-empfindenden, und es müsste das Verhältniss von Empfindungs- zu Reizintensität in der einen Faser ganz ungeändert bleiben, wenn die andere auch beliebig stark erregt worden ist. Hiergegen aber erheben sich die Thatsachen, dass das Unterscheidungsvermögen für Temperaturdifferenzen um so geringer wird, je mehr sich der absolute Werth der Temperaturen von derjenigen der Haut entfernt (Fechner). Man muss daher die Schlussfolgerung Hering's theilen, dass beide Qualitäten durch denselben Nervenapparat vermittelt werden. Wenn sich nun auch unsere Lehre nirgend in die Nothwendigkeit gesetzt sah, mehr als eine Qualität in jede Faser zu verlegen, so widerspricht ihr dies jedenfalls in ihrem Grundgedanken nicht. Die specifische Energie fällt nicht fort, sie wird nur ausgedehnt; und es

[1]) Hering, Der Temperatursinn. cf. Hermann's Handbuch der Physiologie. III. Bd. 2. Thl.

[2]) Cf. auch Weber's Ansicht, dass der Act des Steigens und Fallens der Eigentemperatur die Ursache der Empfindung sei.

ist fraglich, ob sich bei Geruch und Geschmack nicht analoge Forderungen herausstellen würden, wenn unsere Kenntnisse darüber die Klarheit wie hier hätten. Allein mit dieser allgemeinen Feststellung ist über die specielle Art der Auslegung nichts praejudicirt, und es ist nicht unbedingt nöthig, dass zwei entgegengesetzte Erregungsvorgänge (Hering) im Nerven laufen. Denkt man sich nach der Lotze'schen Anschauung die inneren Sinnesreize als Oscillationen[1]), so muss man dies für die Temperaturreize dahin ausführen, dass die peripherischen Endorgane derselben besonders fähig sind, durch Temperaturreize in ihrer Dichtigkeit geändert zu werden. Lediglich durch den Gegensatz der unveränderten Umgebung können schon Oscillationen verursacht werden, welche in Intensität und Zahl bei Kälte- und Wärmereizen sehr leicht eine durchgängige Verschiedenheit zeigen könnten, für welche die Seele die Zeichen „Kalt“ und „Warm“ eingeführt hat. Wenn also der Faser die Erregung zweier Sinnesqualitäten auch zugestanden werden muss, so braucht es dazu noch nicht entgegengesetzter Nervenprocesse. Ob nicht vielmehr die Qualitäten nur Zeichen für Erregungsvorgänge sind, die in ihrem Wesen gleich, nur bestimmte Merkmale tragen, welche eine Unterscheidung ermöglichen, wäre eine Frage, deren Offenhaltung gerade im Interesse unserer Lehre betont werden muss[2]).

Wenn die Lehre von den specifischen Energieen demnach mit der Annahme getrennter Fasersysteme die Erscheinungen des Hautsinnessystems herleiten kann, so ist eine andere Frage, was für Forderungen aus dieser Annahme entstehen.

Zunächst nämlich müssen die Fasern mit ihren Endorganen anatomisch nachzuweisen sein. Verlangt man für letztere besondere Unterschiede, so müssen sich die Arten an jedem sensiblen Punkt finden. Hier sind die Resultate der Histologie verlockend und doch nicht zureichend. Man hat als Haupttypen die celluläre und die freie Endigung aufgestellt[3]). Die erste wird durch die Grandry'schen Körperchen (Tastscheibe) repräsentirt, die letztere durch die Vater-Pacini'schen Körperchen. Ihre Beziehung zu den Gefühlen hat man verschieden aufgefasst. Merkel hält die cellulären für die Endigungen der Tastnerven,

[1]) Lotze, l. c. p. 175 und 199. So auch Meissner.

[2]) Von nicht geringem Werth für diese Anschauung wäre es, wenn sich in den Attributen dieser beiden Empfindungsqualitäten, etwa in ihrer Unterschiedsempfindlichkeit, Ortsempfindlichkeit, Schwellenwerth, Nachdauer etc. bestimmte unterscheidende Merkmale finden liessen. Verf. glaubt dies, obwohl allerdings nach Vierordt die Nachdauer bei beiden sich gleich verhält.

[3]) Waldeyer, Ueber die Endigungsweise der sensiblen Nerven. Nach Untersuchungen von Dr. V. Izquierdo mitgetheilt. Arch. für mikroskop. Anat. XVII.

die freien für die der Temperaturnerven, während Waldeyer mit Grünhagen letztere den Gemeingefühlen, erstere sowohl dem Druck, wie dem Temperatursinn zurechnet. Dabei ist zu erinnern, dass schon Weber wie Lotze[1]) die Tastkörperchen als besonders geeignet für den Temperatursinn hielten. Denn anders als durch Dichtigkeitsveränderungen kann man sich die Reizübertragung hier kaum denken. Allein bei all diesem Reichthum fehlt bis jetzt der Nachweis der postulirten gruppenförmigen Anordnung[2]).

Das andere Postulat, dass jedes dieser Fasersysteme auf allgemeine Nervenreize in seiner besonderen Sphäre reagire, setzt uns in denselben Conflict, welcher beim Geschmacks-Organ bestand. Sind die Temperaturfasern neben denjenigen des Druckes angeordnet, so wird es unzweckmässig sein, wenn durch diesen, wenigstens bei einer gewissen Stärke, stets auch sie gereizt werden. Wir würden zur reinen Perception eines Druckes auf die Weise überhaupt nicht kommen. Allein für die mechanische Erregung des Nervenstammes fällt dies Moment fort, und hier tritt ebensowenig (excentrisch) Temperaturempfindung auf als dort. Die Angabe von Weber[3]), dass bisweilen ein Gefühl der Wärme in der eingeschlafenen Hand entstehe, ist zweideutig, und auch das durch centrale Irradiation entstehende excentrische Kälte-Gefühl beim Schauder unterliegt von anderen Seiten der Auslegung als ein vasomotorischer Vorgang[4]). Bei Rückenmarkskranken kommen Temperatur-Paraesthesieen vor: Gefühl von Brennen oder von Kälte, das sehr lebhafte Grade erreichen kann. Auch hierfür genügen vasomotorische Vorgänge ebensowenig zur Erklärung wie beim Schaudergefühl. Brown-Séquard[5]) schiebt diese Empfindungen zum Theil geradezu auf directe Erregung der die Temperaturempfindungen leitenden Fasern in der grauen Substanz.

Dagegen ist der electrische Reiz glücklicher. Ritter beobachtete (an Volta'scher Säule) während der Schliessung beim aufsteigenden Strom Wärme, beim absteigenden Kälte und nach der Oeffnung Umkehrung dieses Verhältnisses. Du Bois-Reymond[6]) stellt die Angabe durchaus nicht in Zweifel, besonders da er selbst bei einer Zinkkupfersäule von 150 Paaren während der ganzen Dauer des Stromes „Fluthen von Wärme und Schauer von Kälte“[7]) in den Armen fühlt. v. Vintsch-

[1]) Lotze, l. c. p. 411.

[2]) Cf. Krause, l. c. p. 177.

[3]) Einfluss der Erwärmung und Erkältung der Nerven auf ihr Leitungsvermögen. Arch. f. phys. Anat. 47.

[4]) Helmholtz, Phys. Optik. p. 326.

[5]) Erb, Krankheiten des Rückenmarks. p. 73.

[6]) Untersuchungen etc. p. 356.

[7]) l. c. p. 357.

gau[1]) bemerkte bei Galvanisirung der Zunge unter Umständen Gefühle des Warmen und Kühlen. Natanson[2]) führt Beobachtungen von Rosenthal an, welcher Wärmegefühl nach Galvanisirung bemerkt habe. Jedenfalls kann man bei Schliessung des Stromes, schon von 12 Elementen an, Wärmegefühl und zwar im Arm der Anode, constatiren. Kälte konnte ich nicht wahrnehmen.

Was die Trennung der Fasern ferner zur Folge haben muss, ist die Unabhängigkeit der beiderseitigen pathologischen Schicksale. Diese existirt in der That und bildet einen Theil der durch Puchelt[3]) bekannt gewordenen „partiellen Empfindungslähmungen". Der vierte seiner publicirten Fälle behandelt eine Lähmung des Temperatursinnes in der Hand bei erhaltenem Tastvermögen und Gemeingefühl. Weitere Fälle mit exacteren Prüfungen wurden von Berger, Mosler, Landois bekannt gemacht. O. Berger[4]) zieht aus seinem zweiten Fall (Temperaturlähmung bei einer wahrscheinlichen Heerderkrankung des Gehirns) den Schluss, dass „besondere räumlich getrennte cerebrale Centralstätten für das Zustandekommen der Temperaturempfindungen, besondere für die Perception der tactilen Empfindungen vorhanden sind", und bei seinem dritten Fall (Refrigeration des N. peroneus) dehnt er diese Folgerung auf specifische Fasern im peripherischen Nerven aus. Mosler und Landois[5]) beobachteten Temperatursinneslähmung nach Apoplexia sanguinea und bei Tabes dorsalis, Hyperaesthesie desselben bei Tabes dorsalis und wieder Integrität desselben bei Lähmungen des Druck- und Ortssinnes. Ebenso Eigenbrodt, Landry, Nothnagel. Wenn unsere Lehre auch nicht begründen kann, wie dergleichen bei Laesionen peripherischer gemischter Nerven vorkommen kann (Nothnagel weist auf analoge Fälle von traumatischen Paralysen gemischter Nervenstämme hin, in denen nur die motorischen Fasern betroffen sind), so wirft eben

---

[1]) v. Vintschgau, Beiträge zur Physiol. des Geschmackssinnes. II. Pflüger's Archiv XX., p. 110.

[2]) Natanson, Analyse der Functionen des Nervensystems. Archiv f. physiol. Heilkunde. III.

[3]) Medicin. Annalen. Heidelberg 1844. Bd. X. p. 485. In dem 2 Jahre später erschienenen Handwörterbuch der Physiologie von R. Wagner findet sich in dem Artikel: „Der Tastsinn und das Gemeingefühl" von E. H. Weber der Bericht eines Falles von Hemiplegie, in dem Andeutungen von partieller Empfindungslähmung gemacht werden, ohne dass Weber die Puchelt'sche Arbeit bekannt gewesen zu sein scheint. Es ist interessant, die Weber'sche Interpretation dieser Phänomene mit der jetzigen neuropathologischen zu vergleichen. (III. Bd. 2. Abth. p. 520.)

[4]) Berger, Zur neuropathologischen Casuistik. Wien. med. Wochenschr. 1872.

[5]) Landois und Mosler, Neuropathologische Studien. Berliner klin. Wochenschrift. 1868.

dieses Vorkommen Licht auf die Erregung der Nervenstämme in der Continuität und was in Nothnagel's Fall die Temperatur-Nerven geschützt hat, schützt sie vielleicht auch, wenn es sich darum handelt, eine excentrische Temperaturempfindung zu erzeugen[1]).

Der Gegenstand spielt in die Analgesie, und damit in die Frage hinüber, wie nach unserer Lehre sich die Verhältnisse des Schmerzsinnes gestalten müssen.

Die gesammten durch die Haut vermittelten Schmerz-Arten muss man auf den Stich, als Reizung wenigstens annähernd einer einzelnen Faser, zurückführen. Wird eine Fläche schmerzhaft afficirt, so confluiren wie beim Tastgefühl die einzelnen Stiche und der Schmerz hat einen stumpferen Charakter. Rechnet man nun jede stechende Empfindung der Schmerz-Qualität zu, so verliert man den Anhalt zu einer Definition des Schmerzes überhaupt; zählt man sie jener erst bei, sobald sie unangenehm wird, so bringt man in die Reihe der Tast- und die der Schmerz-Qualitäten Uebergänge und nähert sich zugleich Lotze[2]), welcher die Qualität selbst vom Schmerz ablöst und ersteren als einfach functionellen, letzteren als störenden Process betrachtet. Die Nachempfindung des Schmerzes bildet meist eine Druck- oder Tastempfindung, allein sind die nervösen Apparate getrennt, so werden beide getroffen und die Tastnerven, ungewöhnlich stark erregt, könnten die anderen in dem Erregungszustande überdauern. Dennoch würde man, besonders mit Rücksicht auf die Art des Reizes, keinen Anstand nehmen, Schmerz als einen stärkeren Erregungsgrad der Druckfaser[3]) hinzustellen; wenn nicht hier Erfahrungen vorlägen, welche wir bei gewissen anderen Sinnen leider vermissten. Die Analgesie ist die häufigste der partiellen Empfindungslähmungen und ausser bei den erwähnten Gehirn- und Rückenmarks-Affectionen bei der Blei-Cachexie (Beau), im secundären Stadium der Syphilis bei Frauen (Fournier), im Typhus (Fritz)[4]) beobachtet; sie ist aber auch dem physiologischen Experiment zugänglich geworden, da man sie durch Chloroform- und Aether-Narcose und Durchschneidung der grauen Substanz bei Thieren[5]) herbeiführen kann.

Die Lehre von den specifischen Energieen findet somit in den Erscheinungen des Schmerzsinnes ein vollendetes Paradigma, denn auch

---

[1]) Nach neuen Experimenten von Luederitz (Zeitschrift für klinische Medicin. II. Bd. I. Heft) tritt bei allmäliger Druckwirkung auf gemischte Nerven die Leitungshemmung für die motorische Leitung früher ein als für die sensible.

[2]) Medicinische Psychologie. p. 247.

[3]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie. II. Bd. p. 498.

[4]) Angeführt bei Leyden, Klinik der Rückenmarkskrankheiten.

[5]) Schiff, l. c. p. 251 ff.

alle allgemeinen Nervenreize erregen ihn und nach Weber's Versuch erscheint er als excentrische Empfindung bei thermischer Reizung des Ulnaris-Stammes, und in den frei endenden Hautnerven Merkel's kann man das specifische nervöse Substrat suchen, wie es Grünhagen thut. Dass der Schmerz nicht blos einen besonders starken, sondern einen Eindruck von besonderer Qualität darstellt, unterliegt keinem Zweifel; wenn man über eine künstlich rubeficirte Hautstelle streicht, so tritt die Schmerzfärbung auf, trotzdem die Intensität nicht diejenige eines starken Striches auf normaler Haut erreicht. Dennoch legen es Thatsachen wie die, dass der Schmerz allen, auch inneren Theilen des Körpers gemeinschaftlich ist, dass vielfach nur pathologische Veränderungen die Bedingung abgeben[1]), ihn zu erzeugen, dass sein Reiz von demjenigen des Druck- und Temperatursinnes nur graduell verschieden ist, dass er endlich, bei Temperaturreizen, lediglich durch Summirung der getroffenen Fasern herbeigeführt werden kann, ferner das deutliche Uebergehen einfacher Sinnesqualitäten in denselben bei allmäliger Steigerung des Reizes, sie legen es nahe, ihn nur als eine Modification der Gefühlssinnes-Empfindung aufzufassen. Die Bedeutung unserer Beweispunkte für die Lehre von den specifischen Energieen wird aber durch dieses Beispiel stark erschüttert, wenn man nicht ihr Zutreffen hier aus anderen Gründen herleiten kann. Dabei macht die Wirkung der allgemeinen Nervenreize der angedeuteten Auffassung weniger Schwierigkeiten als gerade die Analgesie. Es ist, wie Funke mit Recht bemerkt, paradox, eine Herabsetzung der centralen Erregbarkeit für starke Reize bei Fortbestehen derselben für schwache anzunehmen. Man kann sich aber, wie es derselbe Forscher that, denken, dass die Tastfaser nach dem Eintritt in's Rückenmark durch mehrfache Verbindungen zwei Wege von verschiedenem Leitungswiderstand einschlägt[2]), von denen der durch die graue Substanz, welcher den grösseren Widerstand darbietet, nur bei stärkeren Reizen eingeschlagen wird. Weshalb bei dem Wegfall dieses Weges der Schmerzreiz nun auch nicht den anderen betritt, ist freilich nicht ersichtlich. Wundt hat darüber eine Hypothese aufgestellt, welche aus seiner Theorie des Nervenprocesses entspringt[3]). Schwache Reize

[1]) So sind in der Zahnpulpa Tastnerven gelegen (E. H. Weber); bei blossliegender Pulpa jedoch fühlt man nicht die Berührung, sondern nur Schmerz. — Dass wir in den Bauchgeflechten des Sympathicus sensible Nerven haben, kommt uns für gewöhnlich garnicht zum Bewusstsein. Unter pathologischen Bedingungen verursacht hier der geringste Reiz ungeheure Schmerzen. Sollen hier besondere Schmerznerven verlaufen, die erst bei krankhafter Erhöhung der Sensibilität überhaupt erregungsfähig werden?

[2]) Funke, Der Tastsinn und das Gemeingefühl in Hermann's Handbuch. p. 298.

[3]) Wundt, Physiol. Psychol. p. 118 ff.

schlagen nur die Hauptbahn durch die Hinterstränge ein, starke vorzugsweise die Seitenbahnen durch die Zellennetze der grauen Substanz, „indem nur in dieser ein der Intensität des Reizes entsprechender Kräftevorrath disponibel ist." Dies gestattet dann aber auch ein Anwachsen der Erregung bis zu einem höheren Grenzwerth, als wenn die Leitung blos in der Hauptbahn stattfindet. In ähnlicher Weise würde man die langsamere Leitung des Schmerzes herleiten, welche nicht nur bei Tabes dorsalis, sondern auch physiologisch vorzukommen scheint; wenn man nämlich mit einer Messerspitze schnell, am besten die Hohlhand berührt, so tritt momentan nur die Tastempfindung auf, welcher dann erst der stechende Schmerz folgt[1]). Dasselbe kann man bei einem leichten Schlage mit der flachen Messerklinge wahrnehmen. Wenn wir auch dies durch die medullaren Leitungsverhältnisse auszulegen im Stande sind, so ist doch ersichtlich, wie wir durch den Versuch allein unsere eigene Beweisführung schwächen und wie unsere Lehre, trotz der angeführten Bedenken, am folgerichtigsten besondere Schmerzfasern von der Peripherie an annehmen müsste. Kein Punkt ist daher so geeignet wie gerade dieser, ein zweifelhaftes Licht auf die moderne Lehre zu werfen.

Aus dem gewonnenen Standpunkt ergeben sich Folgerungen für den sogenannten Temperaturschmerz. Es würde vielleicht nothwendig erscheinen, in den Temperaturnerzen noch einen stärkeren Reizen entsprechenden Vorgang anzunehmen, bei welchem die Qualität sich dem Schmerze nähert. In der Beobachtung von Nothnagel[2]), dass auf einer von Epidermis entblössten Hautstelle, wo der Temperatursinn verfeinert ist, schon bei relativ geringen Temperaturen Schmerz auftritt, würde auch die Erregbarkeit der „Schmerznerven" gesteigert sein, und der Puchelt'sche Fall, wo bei „fast nicht vermindertem allgemeinen Empfindungsvermögen", dagegen herabgesetztem Temperatursinn kein Wärmeschmerz wahrgenommen zu sein scheint, ist nicht exact genug geschildert. Vielmehr giebt der Patient in Berger's zweitem Fall auf den des Temperatursinnes baaren Stellen an, dass Eis oder starke Wärmegrade ein schmerzhaftes Ziehen verursachen; und es ist, da Tast- oder Schmerznerven durch starke thermische Reize nothwendig erregt

---

[1]) Dabei kann man es so einrichten, dass schon die erste Empfindung eine schmerzhafte wird, gegenüber der sich die zweite durch ein lancinirendes Wesen auszeichnet. Hier entsteht wieder das am Anfang dieses Abschnittes erwähnte Dilemma, denn wenn man die erste Empfindung in das Gebiet des Schmerzes zählt, so hat man eine Leitung desselben auf zwei Bahnen, was der Annahme besonderer Fasern des Schmerzes in das Gesicht schlägt.

[2]) l. c. p. 292.

werden müssen, von vornherein wahrscheinlich, dass wir es beim Kälte- und Wärmeschmerz mit einer gemischten Qualität zu thun haben. Vielleicht spricht dafür folgendes: Schnürt man mit einem Gummibande eine Fingerkuppe ab, und erkältet diese, so tritt Kälteschmerz viel später auf, als wenn man durch Einwicklung des Fingers das Blut nach der Spitze desselben treibt und diese abkühlt. Die Ursache kann kaum in etwas anderem gelegen sein, als dass hier durch die spannende Turgescenz die Tast- oder Schmerznerven in eine höhere Erregbarkeit versetzt werden.

Die Gemeingefühle, welchen der Schmerz angehört, nehmen zu unserer Lehre eine besondere Stellung ein. Insofern sie nie als blos zugeleitete objective Reize ausgelegt werden, braucht das Gesetz nicht erst auf sie angewendet zu werden. Die Sonderung der Qualitäten jedoch setzt sie mit den echten Sinnesnerven und deren Empfindungen in eine Reihe. Und in dieser qualitativen Mannigfaltigkeit liegt das Irrthümliche einer Auffassung, welche die Gemeingefühle sämmtlich einem Nervenapparat zuschreibt.

Das Kitzelgefühl hat mit dem Tastsinn die Schwäche des Reizes gemeinsam. Man verspürt bei einfacher Berührung des Handtellers mit einem Stecknadelknopf einen intensiven Kitzel, welcher sich durch die Länge seiner Nachempfindung auszeichnet; in dieser jedoch verschwindet sein eigenthümlicher Charakter und es stellt sich ein einfaches Berührungsgefühl ein und bei punktförmigen Reizen das, was als Einzelempfindung des Tastgefühls bezeichnet wurde. Diese beiden Aehnlichkeiten, neben anderem, z. B. dem Umstande, dass ein leichtes Reiben einer Hautstelle, ja, der einfache Druck eines Stecknadelknopfes genügt, um für eine gewisse Zeit die Disposition zum Kitzel verschwinden zu machen, legen es nahe, in demselben nur eine besondere Erregung der Tastnerven zu suchen[1]); jedenfalls aber dürfte der Reiz zu schwach sein, um frei ohne Endorgane endende Nerven zu erregen. Die leichte Ermüdung für Kitzel, seine grössere Intensität an Stellen, welche eine Zeit lang von äusseren Einwirkungen geschützt waren[2]) z. B. nach Tragen eines Fingerlings, vor allem die lange Nachempfindung weisen auf eine besondere Erregungsform hin. Wenn die Lotze-Meissner'sche Ansicht von den Oscillationen auch keineswegs bewiesen ist, so deutet doch die lange Dauer der Nachempfindung, z. B. wenn man den Handteller mit

[1]) Cf. Schiff, l. c. p. 256; „Es scheint, dass auch der Kitzel nur durch die in den Hintersträngen verlaufenden Tastnerven empfunden wird."

[2]) Nach Aubert, l. c. p. 46, wird die Empfindlichkeit der Netzhaut nach längerem Aufenthalt im Finstern bedeutend grösser.

einem Stück Zeug reibt, die wieder bei electrischer Reizung der Hautnerven ganz fehlt, darauf hin, dass hier durch die eine Reizbewegung eine ganze Reihe von fortlaufenden Bewegungen ausgelöst wird. Wenn diese aber gerade durch den schwachen Kitzelreiz am ausgedehntesten erzeugt werden, so müssen stärkere Reize eine Dämpfung bewirken und diese kann nur darin begründet sein, dass sie auf die Umgebung der Nervenenden, in welche diese eingebettet sind, verschiebend einwirken. Das Endorgan, aus der leicht gestörten Gleichgewichtslage gebracht, schwingt am regelmässigsten bei Ruhe der Nachbarschaft. In dieser Bewegung erzeugt sie eine gleichmässige Erregung der Nerven und damit zugleich das Gefühl der Lust wie reine Töne. Durch ihre eigene Dauer und durch das Bewegtsein der Nachbartheile wird diese Bewegung modificirt und erzeugt das gewöhnliche blasse indifferente Tastgefühl. Damit stimmt ganz überein, dass an einer in oben geschilderter Weise turgescent gemachten Fingerkuppe die Disposition zum Kitzelgefühl, wegen der grösseren Starrheit der Gewebe, erhöht wird.

Schauder ist ein Gemisch von Gefühlen, welche durch centrale Irradiation und excentrische Projection von irgend einem, meist gerade schwachen äusseren oder einem inneren psychischen Reiz her entstehen; besonders waltet darin ein Kältegefühl vor, welches sich namentlich am Rücken, aber auch z. B. in Verbindung mit dem Ekelgefühl, die Brust herunter verbreitet. Man kann es als centrale Erregung der Temperaturfasern auffassen; andererseits betrachtet man es auch als durch[1]) „reflectorische Entladungen nach den Gefässmuskeln der Hautgefässe" veranlasst; jedoch erscheint die Intensität der Kälte dafür zu bedeutend und die Farbenveränderung, welche eine so bedeutende Circulationshemmung mit sich führen müsste, fehlt. Auch tritt, wenn man oft hinter einander künstlich Schaudergefühl erzeugt, keineswegs leicht Ermüdung ein, wie man es bei Gefässcontractionen erwarten sollte. Jedenfalls bietet das Schaudergefühl nach keiner Seite hin eine neue Qualität. Ebensowenig scheint dies bei Hunger und Durst der Fall zu sein. Ersterer ist eine unangenehme Sensation, für deren nervösen Substrat der Vagus gehalten wird; jedoch meint Schiff[2]), dass sie von der Intengrität des Vagus unabhängig sei. Sie wird durch hyperämische Zustände unterdrückt, ja, in das Gefühl der „Völle", des Druckes, umgewandelt; ähnlich durch Narcotica, wie Tabak, Opium. Es ist also eine Nervenerregung vorhanden, ohne dass man einen anderen Reiz auffinden könnte, als den dem Zustande der beginnenden Verdauung entgegengesetzten. Hier kann man

---

[1]) Helmholtz, Physiol. Optik. p. 326.

[2]) Schiff, l. c. p. 421.

einen Vergleich ziehen mit demjenigen Gefühl, welches bei Elevation der Hand in den Fingerspitzen auftritt, und das bei Senkung derselben sofort verschwindet. Dasselbe ist offenbar vom Puls abhängig. Während die für gewöhnlich mit der Herzaction verbundene Druckschwankung aus nahe liegenden Gründen nicht bemerkt wird, tritt hier eine Modification der Verhältnisse ein, welche derjenigen ähnlich ist, die bei Fingerdruck auf den Bulbus oder bei Abnahme der Herzkraft das Pulsiren der Art. centralis retinae veranlasst[1]); und nun werden auch die so geänderten Druckverhältnisse von den Tastnerven percipirt, und geben zu der schon genannten, dem Gefühle des Eingeschlafenseins ähnlichen Sensation Veranlassung. Man könnte vielleicht auch der Meinung sei, diese komme lediglich von der Anämie[2]). Im Magen bestehen ähnliche, mit der Verdauung einhergehende Schwankungen der Blutzufuhr und zugleich des äusseren Druckes und während die überwiegend lange dauernden Verhältnisse der relativen Füllung aus Gewohnheit nicht empfunden werden, kommen die vorübergehenden der Leere ebenso zur Perception, wie bei der elevirten Hand.

Auch der sogenannte Lufthunger, das Blendungsgefühl und einige andere, welche man hier und da unterschieden findet, beanspruchen eine Specificität von nervösen Apparaten nicht; wohl aber liegt eine derartige Forderung vor für die Wollustempfindung[3]). Auch hier ist es keineswegs genügend, zu wissen, dass an den Genitalorganen Pacinische Körperchen vorkommen; soll irgend einem Endorgan hier eine besondere Rolle zugewiesen werden, so muss seine gleichmässige Verbreitung neben den ebenfalls vorauszusetzenden Tastfasern nachgewiesen werden.

Die Gemeingefühle erfahren also für unsere Lehre keine gemeinschaftliche Würdigung. Allein ihr Verhältniss zu den objectivirten Empfindungen ist in der That kein gleiches; während Schmerz und Kitzel dieselben Bedingungen zur Objectivirung darbieten, wie die Tastempfindungen und nur durch die Intensität ihres psychischen Eindrucks daran hindern, existirt für die anderen ausserdem nur eine so geringe Möglichkeit, durch Bewegungen verändert zu werden, dass sie eben gerade noch von psychischen[4]) Zuständen unterschieden werden können. Für die einzelnen ist der psychische Eindruck in seiner Grösse höchst

---

[1]) Schweigger, Handbuch der Augenheilkunde. 4. Aufl. p. 431.

[2]) Bringt man auf eine wunde Stelle der Haut etwas Kalilauge, so entsteht bei Elevation derselben ein heftiger Schmerz, dessen Intensität bei Senken derselben wie mit einem Schlage abnimmt.

[3]) Cf. Krause, l. c. p. 194.

[4]) Näheres siehe Helmholtz, Die Thatsachen in der Wahrnehmung. Beilage I.

verschieden; z. B. wird die beim Schreck auftretende deutlich und meist in der Richtung des Angriffs localisirte Empfindung[1]) erst bei besonderer Aufmerksamkeit bemerkt, weil sie im Vergleich zu der begleitenden psychischen Erregung von zu geringem Werth ist: das Gegenstück zu den objectivirten Tastempfindungen.

Die durchgeführte Sonderung der besprochenen Sinneskreise erfordert für jeden ein besonderes System von Localzeichen, und hier ist es merkwürdig genug, wenn auch nicht die Einheit des Apparates beweisend, dass Rauber[2]) die Wärmeempfindungskreise den Druckempfindungskreisen entsprechend gefunden haben will. Ueber die Schmerzempfindungskreise liegen keine Untersuchungen vor.

Muskelsinn.

Der Muskelsinn nähert sich wieder mehr einem wirklichen Sinnesorgan, seine Empfindungen werden objectivirt. Nach blosser Analogie müsste man also dem Muskel sensible Fasern verleihen, welche diese eigene specifische Empfindung trügen und durch seine Contraction oder vielmehr Spannung[3]) gereizt würden. So meinten es Bell[4]) und Weber. Allein diese Empfindung trägt keinen so klaren Charakter an sich, dass man dieselbe nicht für etwas Zusammengesetztes halten könnte. Nun hat man schon von intendirten Bewegungen ein Innervationsgefühl, dessen verschiedener Intensität man sich sehr wohl bewusst wird. Zugleich müssen durch die Contraction des Muskels nothwendig Verschiebungen von nervenreichen Weichtheilen, namentlich Haut, und damit Empfindungen irgend welcher Art zu Stande kommen. Beides ist da und es fragt sich nur, ob es Beziehungen zur Messung des Widerstandes hat. Wundt[5]) hat das Erste betont, Schiff[6]) das Zweite.

---

[1]) Seitdem Verf. darauf achtet, hat er stets beobachten können, dass in demjenigen Körpertheil, welcher der Ursache des Schreckens zugewandt ist, das denselben begleitende Gemeingefühl localisirt wird; fällt etwas aus der Hand, so in dem betreffenden Arm; war man fast im Begriff, sich an einem Gegenstande zu stossen, so an der Stelle, welche den Stoss empfangen haben würde etc.

[2]) A. Rauber, Ueber den Wärme-Ortssinn. Centralbl. für die med. Wissensch. No. 24. 1869.

[3]) Funke, Der Tastsinn und das Gemeingefühl. p. 374.

[4]) Ch. Bell's physiol. und pathol. Untersuchungen des Nervensystems. Uebersetzt von Romberg. Berlin 1832. 4. Abhandlung. p. 185.

[5]) Wundt, Physiologie. p. 515.

[6]) Schiff, l. c. p. 157.

Bernhard's[1]) Beobachtung, dass das Unterscheidungsvermögen für Gewichte ziemlich gleich gross ist, ob die Muskeln durch den Willen oder den inducirten Strom gereizt werden, erhebt Bedenken gegen den Werth der centralen Innervationsgefühle. Ebenso die Mittheilungen von Weir Mitchell[2]), wonach Faradisation von Nervenstämmen am amputirten Gliedern das Gefühl der Bewegung und Stellungsveränderung an den entfernten Körpertheilen giebt. Dies spricht offenbar für centripetal fortgeleitete Erregungen als Grundlage des Muskelsinnes. Eine wie geringe Rolle jedoch dabei den Hautnerven zukommt, ergeben ausser der Beobachtung Cl. Bernard's, dass enthäutete Frösche coordinirte Bewegungen ausführen, pathologische Fälle, in welchen das Muskelgefühl durch Einbusse der Hautsensibilität nicht geschädigt erschien. Landois und Mosler neigen sich deshalb der Ansicht Kölliker's zu, dass das Muskelgefühl durch sensible Muskelnerven vermittelt werde. Der Weber'sche Beweis für die Existenz des Muskelgefühles, beruhend auf der Unterschiedsempfindlichkeit für gehobene Gewichte, wurde von Schiff[3]), welcher den Zeitsinn zu Hülfe nahm, zu widerlegen versucht, jedoch vergeblich. In der That ist auch kaum denkbar, dass die von Schiff angegebenen Momente ausreichend sein sollten, um z. B. die Feinheit der Leistungen, welcher wir beim Tasten mit der Sonde fähig sind, zu erklären. Hierbei wird die Empfindung an die Spitze der Sonde projicirt und man glaubt, nicht anders, als mit der Haut zu tasten. E. H. Weber[4]) war der Erste, der sich mit dieser Erscheinung beschäftigte und sie auf den Muskelsinn zurückführte; die Richtung des Widerstandes wird durch Kreisdrehungen oder vielmehr Kegelmanteldrehungen erschlossen. Lotze[5]) führt seine Ansicht weiter aus; während sich Weber auf das Muskelgefühl beschränkt, bringt er noch die Tasteindrücke am Ende des Stäbchens, durch welche die Richtung der Bewegung kenntlich gemacht werden soll, hinzu. Dabei ist nun zu bemerken, dass ein am Finger befestigtes und zugleich durch Unterlagen von der Haut so getrenntes Stäbchen, dass Tastempfindungen gar nicht entstehen können, dieselben Dienste leistet, wie eine frei zwischen den Fingern bewegliche Sonde. Es handelt sich hierbei stets um das Verhältniss der Innervationsgrösse zur Stellungsveränderung des Gliedes, und giebt es Haut-, Sehnen-, Gelenk- oder Muskelnerven, welche letztere zur Kenntniss bringen, so

[1]) Bernhardt, Arch. f. Psychiatrie. III. 1872. p. 672.

[2]) Weir-Mitchell, Injuries of nerves. Philad. 1872. Citirt bei Erb, Krankheiten des Nervensystems. Bd. I. p. 210 ff.

[3]) Schiff, l. c. p. 156 ff.

[4]) E. H. Weber, Der Tastsinn und das Gemeingefühl.

[5]) Lotze, l. c. p. 428 ff.

könnten Widerstände gemessen und so Formen erkannt werden. Ein solcher Schluss kommt uns nicht zum Bewusstsein, vielmehr agiren wir, als ob wir an der Sonde selbst Nerven hätten, man fühlt das Ende derselben spitz, stumpf, biegsam etc. Während das Innervationsgefühl lehrt, dass wir „bewegen", verändert das Glied seine Lage nicht; dies hat im Allgemeinen nur äussere Gründe und daher wird die Ursache des Widerstandes objectivirt. Hebt man demnach einen feststehenden schweren Gegenstand allmälig vom Boden ab, so wächst das Gefühl der Schwere continuirlich bis zu dem Augenblick, wo der Gegenstand „nachgiebt"; dann während des Bewegtseins tritt eine gleichbleibende Höhe des Eindrucks ein. Da wir bei der Erlernung der äquivalenten Werthe dieser beiden Leistungen: der Innervationsgrösse und der Stellungsveränderung, den Widerstand des bewegten Gliedes nur immer einschliessen können, so fühlen wir dasselbe auch nicht schwer; dies muss jedoch eintreten, wenn herabgesetzte Sensibilität die Stellungsveränderung nicht scharf zu erkennen giebt, und so findet es schon beim „Einschlafen" der Glieder statt. Ebenso kann der andere Factor durch Schwäche des Muskels verändert werden. Tritt bei der Sache während der Bewegung der Widerstand in geringem Grade auf, ohne sich jedoch durch gesteigerte Anstrengung überwinden zu lassen, so schliessen wir, dass die Sonde spitz sei, d. h. wir haben unmittelbar das Gefühl des Spitzen[1]); wird der Widerstand durch neue Innervationen fortwährend überwunden, so ist das Object weich etc. Es vermischen sich in der Empfindung also die Eigenschaften des Objectes mit denjenigen der Sonde und man muss letztere kennen, um richtige Schlüsse ziehen zu können. Dabei fällt vielleicht den Weber'schen Kreisbewegungen auch in dieser Beziehung eine wichtige Rolle zu.

Allein hierzu erscheint ein Sinnesnervensystem, welches die Veränderung der Gliederstellung angiebt, um so mehr erforderlich, als die Empfindungen dieser Sphäre in prägnanter Weise objectivirt werden. Es handelt sich dabei im Grunde darum, ob man alles das, was bei einer Bewegung nothwendig verändert werden muss, in seiner Gesammtheit als Ausschlag gebend, oder nur einen Theil davon, das Uebrige aber als additionelle Dinge ohne Dignität auffassen will. Dass Hautgefühle entstehen müssen, ist klar und nach Contact der Hände mit concentrirteren Carbollösungen begleitet jede Fingerbewegung durch die gesteigerte Er-

[1]) Cf. hierzu E. H. Weber, l. c. p. 484: „Hier leuchtet nun recht klar ein, wie wir das zu empfinden glauben, was wir durch ein Urtheil erkennen würden, welches auf eine Vergleichung vieler Empfindungen und auf das Bewusstsein von unserer eigenen Bewegung gegründet ist."

regbarkeit ein merkliches Hautgefühl. Unter gewöhnlichen Verhältnissen kann man sie am deutlichsten bei Actionen der Gesichtsmuskeln wahrnehmen; die Arten der Hautverschiebung hat Schiff näher analisirt[1]). Allein das Wahrscheinlichste ist, dass die genannten Sinnesnerven sich in Sehnen, Muskeln und Gelenken[2]) ausbreiten. Beugt und streckt man einen Finger, so ist dies von eigenthümlichen Gefühlen begleitet, die bei passiver Ausführung der Bewegung fast völlig fehlen, und während die Hautverschiebung dabei dieselbe ist, bildet den Unterschied die dort durch die Arbeitsleistung erfolgende Zerrung der Sehnen.

Die sensiblen Fasern der Muskeln sind ein viel discutirter Gegenstand. Reichert hat solche zuert beobachtet und nach ihm Kölliker, ohne Zusammenhang mit Muskelfasern zu finden; auch Onimus, der marklose Fasern hier fand, liess ihn noch zweifelhaft. C. Sachs[3]) beschrieb spiralig um die Muskelfibrillen laufende Fasern, welche kleine Aestchen in diese einsenken. Allein hier war wieder der Zusammenhang mit der Hautfaser nicht klar. Tschiriew[4]), welcher seine Untersuchungen nach der Ranvier'schen Methode machte, findet endlich, „qu'il n'existe pas sur les faisceaux musculaires striés d'autres terminaisons nerveuses que celles des nerfs moteurs," und weiter: „que les nerfs sans myéline contenus dans les muscles se terminent dans les aponévroses et que ces nerfs sont les seuls, auxquels on puisse rattacher la sensibilité musculaire." Allein es ist mehreres, was man unter der Muskelsensibilität ausserdem noch versteht, nämlich das Ermüdungsgefühl und die Schmerzhaftigkeit bei Läsionen und Entzündungen. Dass alle drei qualitativ verschieden sind, unterliegt keinem Zweifel. Allein wie es aus dem Dargestellten nicht verwunderlich erscheint, dass ein Glied schwer scheint, sobald es während der Bewegung in einer unnatürlichen Lage durch Muskelaction sistirt wird, so giebt das hier sich allmälig entwickelnde Ermüdungsgefühl Anlass, einen Zusammenhang zwischen ihm und der Schwere zu vermuthen; hier würde die Sinnesempfindung direct in das Gemeingefühl übergehen, und eine Verwandtschaft der Qualitäten dürfte bei dem unbestimmten Charakter des Muskelgefühls vielleicht nicht schroff abzuweisen sein.

Es fehlt noch vieles, wie man sieht, um die Lehre von den specifischen Energieen in ihrer heutigen Form als eine objective strict be-

---

[1]) l. c. p. 156.

[2]) Vater'sche Körperchen. Rauber.

[3]) C. Sachs, Physiol. und anatom. Untersuchungen über die sens. Nerven der Muskeln. Arch. f. Anat. und Physiol. 1864.

[4]) Sur les terminaisons nerveuses dans les muscles striés par S. Tschiriew. Arch. de physiol. normale et patholog. Onzième année 1879.

wiesene Naturwahrheit hinzustellen. Für die von uns entwickelten Postulate wird ohne Zweifel zu allererst das Studium der Hautsinneswahrnehmungen fruchtbringend sein. Das Gefühlsfeld bietet im Vergleich zum Gesichtsfeld Empfindungen dar, welche sich nicht blos durch ihre vielfache Unannehmlichkeit, sondern vorzugsweise durch eine Unklarheit ihres Charakters, die zum Theil nur in Vermischungen der Gefühlssphären begründet sein mag, auszeichnen. Hier fehlt eine Nomenclatur so gut wie ganz, und die Schwierigkeit für die Beobachter, sich verständlich zu machen, ist grösser als irgendwo. — Daneben haben wir kaum etwas gefunden, was der subjectiv überzeugenden Kraft, die der natürlichen Klarheit unserer Lehre innewohnt, abschwächend entgegenträte, bis auf die Verhältnisse des Schmerzsinnes. Und insofern als dies bei Aufstellung consequenter Gesichtspunkte geschah, könnte die angestellte Betrachtung vielleicht, wenn sie auch den objectiven Beweisen keinen neuen hinzufügte, zur Stärkung dieser inneren Ueberzeugung dienen.

Zum Schlusse ist es mir noch eine schmeichelhafte Pflicht, Herrn Geh.-Rath du Bois-Reymond für die Anregung zu dieser Arbeit, für das Interesse, welches er derselben entgegenbrachte, und für die mannigfachen Winke und Rathschläge, die er mir ertheilte, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

2.

Die specifische Energie der Temperaturnerven.

(Monatshefte für Practische Dermatologie. III. Band. 1884. Nr. 7 u. 8.)

I.

Die geistvolle Lehre Johannes Müller's von der specifischen Energie der Sinnesnerven, welcher durch Helmholtz die heutige Form gegeben wurde, — wonach jede Empfindungs-Qualität nur die Leitung der specifischen Qualitäten unserer Nebenfasern zum Bewusstsein ist, veranlasst durch irgend einen erregungsfähigen Reiz, resp. der specifischen Qualitäten der centralen Ganglienzellen —, stösst allerorten in der Physiologie der Sinne noch auf gewaltige Schwierigkeiten. Ich habe dieselben in meiner Dissertation[1]) zu entwickeln versucht und dabei dargestellt, dass dieselben hauptsächlich bei den sensiblen Hautnerven gelegen sind. Der zündenden Anregung von Unna habe ich es zu verdanken, dass ich das Studium der physiologischen Verhältnisse der Hautnerven, und zwar zunächst der Temperaturnerven, wieder aufnahm. Es haben sich dabei Thatsachen ergeben, in Ansehung derer ich mich berechtigt fühle den Satz aufzustellen, dass die Lehre von den specifischen Energieen in der vollständigsten Weise auf die Temperaturnerven ihre Anwendung findet, und es soll der Zweck der folgenden Mittheilungen sein, dies zu beweisen.

Als ich zu dem Zwecke, die Topographie des Temperatursinnes zu studiren, punktförmige thermische Reize anwendete, machte ich die Beobachtung, dass die Fähigkeit, Temperaturen wahrzunehmen, nicht diffus über die Haut ausgebreitet, sondern in bestimmten, scharf be-

---

[1]) Die Lehre von den specifischen Energieen der Sinnesnerven. Berlin. 1881. Verlag von August Hirschwald. S. vorige Abhandlung.

grenzten Punkten localisirt ist.[1]) Ich bediente mich zunächst eines feinen Pinselchens, das ich in Schwefeläther tauchte; Unna hat dieses Verfahren verbessert, indem er feinste Capillarröhrchen, mit Aether gefüllt, benutzt. Die Benutzung von Schwefeläther empfiehlt sich deshalb, weil Druck dabei ausgeschlossen wird und also ein etwaiges Zurückführen der Erscheinung auf stärkeren Druck an diesen Punkten nicht möglich ist; es ist dies Verfahren deshalb ganz besonders überzeugend. Um jedoch sämmtliche Punkte aufzufinden, benutze ich hohle Messingcylinder, welche an dem einen Ende in eine gut geglättete, kurze Spitze auslaufen, an dem anderen offen sind und durch einen Hartkautschukpfropfen verschlossen werden können; diese können abgekühlt oder erhitzt werden; man hält sie an einem herumgelegten Gummiring. Geht man mit einem derartigen Kältereizer Punkt für Punkt in irgend einer Richtung über die Hautfläche, so bemerkt man bald ein punktförmiges intensives Kältegefühl, bald minder kalte oder nur kühle Empfindungen, streckenweise dagegen garnichts. Diese „Kältepunkte" sind ganz fix und nicht blos in ihrer anatomischen Lage, sondern auch in der Intensität, mit welcher sie auf einen bestimmten Kältereiz reagiren. Die lineären Abstände dieser Punkte sind höchst verschieden, zuweilen erstaunlich gross, zuweilen dagegen scheinen solche nicht zu bestehen und mehrere Punkte zusammenzufliessen zu einer Kältelinie. Stellt man nun die Kältepunkte auf einer begrenzten Fläche fest, so ergiebt sich, dass es mehr minder grosse Flächenstücke giebt, welche der Kältepunkte vollständig ermangeln und welche auch in der That nicht fähig sind, auch einen flächenhaften Kältereiz dem Bewusstsein zuzuführen. Daneben finden sich auch wieder ganz dichte Anhäufungen von Kältepunkten, zuweilen so dicht, dass die Abgrenzung der Punkte nur eine problematische wird und wir von einer Kältefläche oder einem Kältefelde reden können. Jene Lücken, Lacunen des Kältesinnes, psychroanästhetische Felder, sind überall vorhanden und ziehen sich durch das ganze sensible Feld der Haut hin, indem sie meist miteinander in Ver-

[1]) Erst als ich bereits weiter in meinen Untersuchungen vorgeschritten war, kam mir ein Referat über eine Arbeit von Dr. Magnus Blix (Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die specifische Energie der Hautnerven; Upsala läkarefören. förhandl. XVIII. 2. S. 87. 1883. Ref. von Walther Berger in Schmidt's Jahrb. Bd. 197. S. 117) in die Hände, aus welchem hervorging, dass die Punkte und verschiedene Eigenschaften derselben bereits von diesem gefunden worden sind. Seine Angaben kann ich grösstentheils für vollkommen zutreffend und mit meinen Resultaten übereinstimmend erklären, und ich empfehle die vergleichsweise Lectüre dieses Referates, welche durch die Unabhängigkeit der Autoren für die Thatsachen noch überzeugender sein wird.

bindung stehen und zuweilen so gross sind, dass die Kältepunkte überhaupt nur ganz vereinzelt auf ihnen erscheinen; häufig aber zeigen sie eine scharf begrenzte Form und erscheinen dann als kleine Höfe, Areolen, entweder von einer Kältelinie oder dichten Reihe von Kältepunkten umgeben oder als Ausschnitt, Lichtung, in einem Kältefelde. Diese areoläre Bildung ist nun nicht selten eine unvollständige, und zwar bald in der Weise, dass die Kältelinie keine geschlossene ist, bald so, dass der Hof nur von einzelnen Punkten begrenzt, also nur andeutungsweise vorhanden ist; beides kann sich combiniren. Die Areolen sind rundlich, oval, elliptisch. Ausser in dieser mehr weniger vollständigen areolären Form und in Kältefeldern kommen die Kältepunkte noch vor in der Form gerader oder geschwungener Linienstücke, in kleinen Gruppen und in einer verstreuten Anordnung von nicht bestimmt ausgeprägtem Typus. Alle diese Formen können auf den Abbildungen[1]) leicht ersehen werden. — Die Anzahl der Kältepunkte ist an den verschiedenen Regionen der Haut eine sehr verschiedene; im Allgemeinen entspricht sie der verschiedenen Intensität, mit welcher an den verschiedenen Hautstellen bekanntlich gleiche Kältereize percipirt werden; jedoch ist auch das quantitative Verhältniss der sehr kalten, eisig empfindenden Punkte zu den minder kalten ein verschiedenes; es kann eine Hautstelle viele Kältepunkte haben und doch nur wenige solche, welche intensiv kalt fühlen (z. B. Fig. 3). An manchen Hautstellen ist die Anzahl der ganz schwachen thermischen Punkte eine überwiegend grosse, an anderen sind wieder die meisten intensiv, z. B. die Kältepunkte der Stirn. Die sehr schwachen Kältepunkte geben nicht selten ein Gefühl, welches Zweifel erwecken kann, ob man es überhaupt noch der Temperaturempfindung zuzählen soll; man kann z. B. ein äusserst schwaches Kältegefühl bei mangelnder Uebung für ein blosses Druckgefühl halten; es möchte dieser Umstand vielleicht zur Erklärung des Weber'schen Phänomens herangezogen werden können, dass ein kalter Gegenstand schwerer erscheint als ein warmer von gleichem Gewicht, es könnte sein, dass die dabei erweckten schwächsten Kälteempfindungen dem Druckgefühl zugerechnet werden. — An symmetrisch gelegenen Hautstellen der beiden Körperhälften ist die Anordnung der Kältepunkte keineswegs eine ganz gleiche, auch in der Anzahl finden sich oft bedeutende Differenzen; es kommt z. B. vor, dass einem psychro-anästhetischen Felde der einen Seite eine dichte Gruppirung von Kältepunkten auf der anderen Seite entspricht; jedoch scheint bei Vergleichung grösserer Regionen ein Ausgleich stattzufinden. Bei

---

[1]) Die im Original beigegebenen Figuren sind beim Abdruck weggelassen worden. Andere bezügliche Abbildungen s. später.

verschiedenen Individuen ist Anordnung und Zahl der Kältepunkte an entsprechenden Hautstellen ebenfalls different.

Ganz entsprechend den Kältepunkten verhalten sich die Wärmepunkte. Vor allem wichtig ist, dass dieselben mit jenen nicht zusammenfallen. Ebenso wie die Kältepunkte liegen sie bald zerstreut, bald in Gruppen, bald in Linien. Ebenso giebt es thermo-anästhetische Felder, welchen die Wärmepunkte ganz fehlen. Der areoläre Typus ist hier ebenfalls deutlich. Die Zahl der Wärmepunkte ist nicht übereinstimmend mit derjenigen der Kältepunkte; an manchen Hautstellen finden sich erheblich weniger, an manchen wieder mehr; jedoch scheint es im Ganzen, besonders an intensiven Wärmepunkten, weniger zu geben, was auch Blix schon hervorhebt. Interessant sind nun die Lagerungsverhältnisse der Wärmepunkte in ihren Beziehungen zu den Kältepunkten; nur ein kleiner Theil derselben liegt unmittelbar neben den letzteren; viele Punkte liegen ohne erkennbares Gesetz verstreut zwischen den Kältepunkten, häufig aber ist das gegenseitige Lagerungsverhältniss ein complementäres: unvollständige Kälte-Areolen werden durch die Wärmepunkte zum Theil vervollständigt; die anästhetischen Felder liegen nicht selten entsprechend, und die Wärmepunkte fügen sich in die von den Kältepunkten gebildete Abgrenzung ein; hier und da wird zerstreuten Kältepunkten durch das Einfügen von Wärmepunkten erst ein erkennbarer Typus der Anordnung gegeben. Die Gruppen der Wärmepunkte fallen häufig mit Gruppen der Kältepunkte zusammen, ebenso die Linien, häufig aber setzt sich eine Wärmegruppe neben eine Kältegruppe an; zuweilen schiebt sich eine Gruppe von Wärmepunkten gerade in ein psychro-anästhetisches Feld und umgekehrt. Man kann im Allgemeinen sagen, dass die complementären Beziehungen der Kälte- und Wärmepunkte sich äussern in der Form der Juxtaposition und der Interposition. Diese Verhältnisse kann man auf den Abbildungen ersehen, wenn man sich dieselben in Bezirke theilt und diese miteinander vergleicht oder auf Oelpapier übertragen zur Deckung bringt. Wie schon erwähnt, giebt es also zahlreiche Hautstellen, welche weder Kälte- noch Wärmepunkte enthalten, demnach total-thermanästhetisch sind. Auch die Wärmepunkte endlich sind mit verschiedener Intensität der Empfindung begabt; derselbe Wärmereiz producirt in dem einen ein laues, in dem anderen ein gesättigtes Wärmegefühl, und so verschiedene Abstufungen dazwischen. Dem entsprechend bekommt man mit schwachen Wärmereizen nur einen Theil der Punkte; um alle zu finden, muss man schliesslich den Wärmereiz so stark machen, dass er eben nur noch unterhalb der Schmerzgrenze bleibt. Es ergiebt sich hieraus eine unerwartete Thatsache: durch stärkere Temperaturreize

werden nicht blos die thermischen Punkte überhaupt stärker erregt als durch schwächere, sondern es treten dabei neue, vorher nicht zum Schwellenwerth des Bewusstwerdens gelangte Empfindungspunkte in das Bewusstsein. — In technischer Beziehung möchte ich noch bemerken, dass der Messingcylinder allerdings nicht dauernd gleich-temperirt ist, dies jedoch die Aufsuchung der Wärmepunkte nicht wesentlich stört; ein gleichtemperirtes Instrument wäre natürlich besser, müsste aber complicirter sein. Die Aufnahme der thermischen Punkte, vor allem die gemeinschaftliche der Kälte- und Wärmepunkte an derselben Hautregion, muss mit Cautelen ausgeführt werden; die Hautstelle wird leicht abgestumpft, ein mehrfach gereizter thermischer Punkt verliert für eine gewisse Zeit seine Empfindlichkeit, und es ist daher nothwendig, dass die Untersuchung über einen längeren Zeitraum hin ausgedehnt wird. Ausserdem ist noch eine andere Fehlerquelle wohl zu berücksichtigen. Wenn man eine Hautstelle mit etwas stärkeren Wärmegraden geprüft hat, so stellt sich eine Art Hyperästhesie der Wärmenerven ein, wodurch jede Berührung brennend heiss erscheint. Hat man sich an einer Stelle der Haut zufällig bis zur Röthung verbrannt, so bringt auch in ziemlich weiter Umgebung jede Berührung auch mit nichtwarmen Gegenständen ein heisses Gefühl hervor. Ich will vorläufig nicht versuchen, dies zu erklären, möchte aber darauf hinweisen, dass sich eine offenbar analoge Erscheinung beim Tastgefühl darbietet; wenn nämlich durch Druck auf einen Nervenstamm die Fasern desselben in einem höheren Erregungszustande sich befinden — beim Eingeschlafensein der Glieder —, so bringt jede Berührung ein stark kriebelndes oder stechendes Gefühl hervor. — Es ist endlich zu erwähnen, dass sehr starke Kälte- oder Wärmereize auch in den Lacunen zuweilen — besonders bei Anwendung von Druck — dumpfes, gleichsam tief liegendes Kälte- oder Wärmegefühl produciren; ich möchte dies auf direkte Erregung der vielleicht pinselförmig auseinanderweichenden letzten Verästelungen der Temperaturnerven schieben.

Ob lediglich an den besprochenen Punkten sich Endorgane der Temperaturnerven finden, oder ob dieselben hier nur dichter oder oberflächlicher liegen, sind Fragen, über die Untersuchungen vorbehalten sind; jedenfalls ist zum mindesten der Schluss gerechtfertigt, dass die Endapparate für Wahrnehmung der Temperaturen anatomisch getrennt sind von denen des Tastsinnes. Es interessirt nun, weiter nachzusehen, wie sich ausserdem die Beziehungen der thermischen Punkte und ihrer Eigenschaften zum Tastsinn gestalten. — Schon die allgemeinste Erfahrung lehrt, dass die Temperaturempfindung durchaus nicht an den Stellen des feinsten Tastsinnes auch am feinsten ausgebildet ist. Dem

entspricht auch der Befund an thermischen Punkten. Gerade die Tastballen I. Ordnung[1]) sind am ärmsten daran, während z. B. Handrücken, ja die Haut des Rückens, sehr zahlreiche thermische Punkte enthält. Allein es ist nun auch nicht etwa ein strictes gegensätzliches Verhältniss verhanden. Es enthält z. B. die Stirn weit mehr Kältepunkte als der Handrücken, während das Tastgefühl etwas feiner ist. (Nach Weber beträgt der Abstand der Zirkelspitzen an der Stirn 10—22 mm, am Handrücken 14—28 mm behufs Doppel-Empfindung.) Auch zeigen die Abbildungen, dass an zwei Tastballen II. Ordnung die Anzahl der Kältepunkte verschieden sein kann. Im Allgemeinen kann man also sagen, dass der Reichthum an temperaturempfindenden Punkten unabhängig ist von der Ausbildung des Tastsinnes und dass an den Stellen des feinsten Tastsinnes die thermischen Punkte in ganz auffallender Weise zurücktreten. Es giebt aber einen interessanten Ort, wo Tast- und Temperaturgefühl in gleichem Sinne eine Beeinträchtigung finden. Es sind dies die grossen Hautfurchen an den Gelenken und vor allem in der Hohlhand. Dass hier das Tastgefühl bedeutend herabgesetzt ist, davon kann man sich leicht überzeugen; aber auch die Temperaturempfindung fehlt in ihnen; am deutlichsten überzeugt man sich davon, wenn man mit dem Aetherpinsel in einer Furche entlang streicht. Thermische Punkte finden sich nur an ganz seichten Furchen. Ohne irgend welche weiteren voreiligen Schlüsse auf die etwaigen Endorgane der Temperaturnerven ziehen zu wollen, welche den Gegenstand einer späteren Mittheilung bilden sollen, möchte ich doch darauf hinweisen, dass in den Hautfurchen Papillen nur sehr vereinzelt vorkommen, streckenweise ganz fehlen; übrigens aber kommen die sogenannte Tastkörperchen enthaltenden Papillen entschieden für den Temperatursinn nicht in Betracht.

Die Unabhängigkeit des Temperatursinns und seines Nervenapparates von dem Tastapparat wird noch durch einen weiteren Umstand bethätigt. Prüft man nämlich, in welchem Grenzabstande zwei thermische Punkte bei gleichzeitiger Reizung als doppelt empfunden werden, so ergiebt sich hier ein ganz anderes Resultat, als wir vom Tastsinn her es gewohnt sind. Man findet nämlich, dass manche Punkte auch bei ziemlich grossem Abstande nur eine einfache Empfindung geben, während andere sehr nahe aneinander gelegene Punkte mit frappanter Deutlichkeit einen

[1]) Arthur Kollmann, Der Tastapparat der Hand etc. Hamburg und Leipzig, Verlag von Leopold Voss. 1883, nennt Tastballen I. Ordnung die 5 Fingerbeeren, Tastballen II. Ordnung die drei hinter den Zwischenfingerspalten gelegenen Wülste der Mittelhand, III. Ordnung Daumen- und Kleinfingerballen. Die übrigen Bezirke der Hohlhand fasst er als intermediäre Tastflächen auf.

Doppeleindruck produciren. Dazu kommt, dass letztere Eigenthümlichkeit auch an Regionen der Hautfläche vorkommt, wo der Grenzabstand der Zirkelspitzen für das Tastgefühl ein sehr grosser ist. So konnten an der Volarfläche des Vorderarms manche Kältepunkte von 0,3—0,4 cm Abstand, an der Dorsalfläche solche von 0,6 cm Abstand deutlich unterschieden werden, am Handrücken wurden einzelne Wärmepunkte von 0,3 cm, an der Hohlhand sogar von 0,15 cm Distanz unterschieden; auf dem Rücken konnten einzelne thermische Punkte bis 0,3—0,4 cm Abstand als doppelt empfunden werden. Man kann sich mit Recht darüber wundern, dass den Temperaturempfindungen ein so feiner Ortscharakter zukommt, da derselbe doch nicht eigentlich diesem Sinne, welcher es mehr mit dem Erkennen der Intensität, nicht der Extensität, zu thun hat, nothwendig ist. Aber ich möchte hier auf einen Punkt hinweisen, welcher vielleicht zu berücksichtigen ist; der Temperatursinn verfügt nämlich dem Tastsinn gegenüber über viel gesättigtere inhaltvollere Qualitäten, während die sinnliche Empfindung des Tastsinnes eine ausserordentliche Blässe hat, daher sie auch — abgesehen von dem Kitzelgefühl — an sich weder Lust noch Unlust erweckt; es ist aber wohl augenscheinlich, dass sich an diese ausgesprocheneren Qualitäten des Temperatursinnes leichter eine distincte locale Färbung anknüpft, und da derselbe durch seine enge functionelle Verbindung mit dem Tastsinn an dem Localisationsexercitium desselben Antheil genommen hat, so ist ihm vermöge seiner deutlicheren Qualität diese Fähigkeit im Ganzen leichter geworden. Die örtliche Unterscheidungsfähigkeit der thermischen Punkte ist nun ausserordentlich abhängig von der Empfindungsintensität, mit welcher sie ausgestattet sind; mit ihr wächst auch die locale Färbung; diejenigen Punkte, welche, wie erwähnt, in minimalen Distanzen unterschieden werden können, sind immer nur die sehr intensiv empfindenden. Es erscheint übrigens sehr wahrscheinlich, dass die örtliche Unterscheidungsfähigkeit bei den thermischen Punkten erleichtert wird durch die Abstufungen der Intensität, mit welcher sie begabt sind, — wie es ja auch bekannt ist, dass die Zirkelspitzen schon in geringerem Abstande doppelt gefühlt werden, wenn dieselben verschiedene Temperaturen haben; ferner auch, wenn die eine stumpf, die andere spitz ist. Die hier angegebene gleichzeitige Reizung zweier thermischer Punkte ist aber durchaus nicht identisch mit derjenigen durch den erwärmten Tasterzirkel; das Berührungsgefühl ist hierbei entweder garnicht vorhanden, oder tritt so zurück gegen das gleichsam aufblitzende Kälte- oder Wärmegefühl, dass ein Doppelfühlen der Berührung keineswegs, sondern nur ein solches der Temperaturempfindung vorhanden ist. Die örtliche Distanz der doppelt empfundenen Punkte wird übrigens in Bezug auf

ihre Grösse in ziemlich unsicherer Weise, und zwar gewöhnlich zu weit geschätzt, ebenso häufig in ihrer Richtung fehlerhaft. Es mag dies zum Theil davon kommen, dass uns für solche Schätzungen die Uebung fehlt, zum Theil aber davon, dass intensive thermische Punkte ein etwas irradiirendes Temperaturgefühl geben. Hiermit scheint es nun im Widerspruch zu stehen, dass die Messungen des thermischen Ortssinnes die Temperatursinn-Kreise als entsprechend den Drucksinn-Kreisen gefunden haben.[1]) In Anbetracht der Lagerungsverhältnisse der thermischen Punkte dürfte es empfehlenswert sein, bei der Untersuchung des Temperatur-Ortssinnes ein ebenfalls schon von Weber geübtes Verfahren in Anwendung zu ziehen. Es werden bei abgewandten Augen von einem Gehilfen mit einem punktförmigen Wärme- oder Kältereizer Punkte der Haut leicht berührt, und beim Eintreten einer Temperaturempfindung — Treffen auf einen thermischen Punkt — wird versucht, den Ort der Empfindung anzugeben; die Distanz des vermutheten von dem richtigen Punkte wird gemessen und nun für die einzelnen Hautregionen durch sehr viele Versuche der mittlere Fehler bestimmt. Das Berührungsgefühl kann namentlich mit dem Aetherpinsel ausgeschlossen werden. Prüft man in derselben Weise bei dem Tastsinn, so erhält man vergleichbare Resultate. Ich bin noch nicht im Stande gewesen, diese Beobachtungen in der Ausdehnung zu machen, welche ein brauchbares Resultat erheischt, auch gehört der Gegenstand nicht eng hierher, — jedoch glaube ich so viel behaupten zu können, dass nach dieser Art von Prüfung der Temperatur-Ortssinn an den Stellen mit besonders fein ausgebildetem Tastsinn (Tastballen) gröber, an den übrigen aber etwas feiner ist als der tactile Ortssinn; jedenfalls ist er also nicht mit ihm identisch, die thermischen Punkte haben ihre besonderen, der Temperaturempfindung als solcher anhängenden „Localzeichen“. Dennoch steht abgesehen hiervon im Allgemeinen der Temperatur-Ortssinn nicht im Verhältniss zur Anzahl der thermischen Punkte einer Region, sondern zum tactilen Ortssinn und dem Grade der Ausbildung desselben. Wo der letztere abnimmt, wird auch der Temperatur-Ortssinn gröber. Es hängt dies offenbar mit der functionellen Verknüpfung des Temperatur- und Tastsinnes zusammen. Temperatureindrücke sind im Allgemeinen mit Tasteindrücken verbunden; die relative Feinheit des Ortssinnes ist aber wahrscheinlich — worauf das Vierordt'sche Gesetz deutet, dass dieselbe proportional mit dem Abstand von der Drehachse wächst — eine Folge der Uebung (Funke) resp. vererbter Uebung, und mit dieser wird

---

[1]) A. Rauber, Ueber den Wärme-Ortssinn. Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1869. Nr. 24.

der Temperatur-Ortssinn relativ gleichen Schritt gehalten haben. — Zugleich ergiebt sich auch bei dieser Art von Prüfung, dass der Ortscharakter in Beziehung steht zur Stärke der Empfindung, und intensive thermische Punkte werden oft mit einer erstaunlichen Sicherheit gefunden. Jedoch kommen diese in der Minderzahl befindlichen, scharf localisirenden Punkte für gewöhnlich nicht in Betracht, da sie beim Gebrauch nie isolirt, sondern in Gemeinschaft mit den umgebenden erregt werden und nun durch das continuirliche Fortlaufen der „Localzeichen" der Unterschied verwischt wird.

Eine sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der thermischen Punkte ist nun endlich, dass auf ihnen das Tastgefühl aufhört. Sucht man Kälte- und Wärmepunkte auf seiner Haut auf, umzeichnet sie und tupft nun (oder lässt bei abgewandten Augen tupfen) fortschreitend mit einer Glasnadel auf die Haut, so bemerkt man bei aufmerksamer Beobachtung, wie an dem betreffenden thermischen Punkte das Tastgefühl unmerklich wird. Hat man sich in solchen und ähnlichen Beobachtungen geübt, so gelingt es sogar, an diesem Aufhören des Tastgefühls thermische Punkte zu erkennen und so indirect aufzusuchen; man macht dann die Controlle durch thermische Reize.

Die gemachten Mittheilungen sollen noch keineswegs eine erschöpfende Darstellung der thermischen Punkte sein; sie sollten nur das berühren, was für die Theorie von den specifischen Energieen wichtig ist. Und in dieser Beziehung haben wir also, wenn ich alles zusammenfasse, folgendes kennen gelernt: Der Apparat für Perception von Temperaturveränderungen ist anatomisch vollkommen getrennt von demjenigen für Berührungsgefühle; die thermischen Punkte dienen lediglich dem Temperatursinn und stellen Lücken, blinde Punkte im Tastfelde dar. Die Lehre von den specifischen Energieen bethätigt sich weiterhin bei diesen Punkten auf das klarste, insofern nicht etwa, wie man zum Theil angenommen hat[1]), gleiche Bahnen und Nervenenden der Perception von Kälte und Wärme dienen, sondern diese beiden Qualitäten auf getrennte Punkte vertheilt sind, was doch wohl mit Sicherheit darauf schliessen lässt, dass jede Temperaturnervenfaser nur entweder die Energie „kalt" oder die Energie „warm" besitzt. Und nicht nur mit qualitativen Unterschieden sind die thermischen Punkte begabt, sondern auch mit quantitativen innerhalb des Qualitätenkreises. So ist denn eine flächenhafte Temperaturempfindung, und dies sind doch die gewöhnlichen, eine Summe von verschieden starken Einzelempfindungen;

---

[1]) Hering, Sitzungsber. d. Wien. Akad. Math.-naturw. Cl. 3. Abtheil. LXXV. S. 101. 1877.

möglich ist es jedoch, dass diese Abstufungen der Intensität einen rein anatomischen Grund haben, verschiedenartige Anhäufung der Nervenenden an einem Punkt, Tiefe oder Oberflächlichkeit der Lage u. s. w. Die Anordnung der Punkte zeigt auf das deutlichste deren völlige Unabhängigkeit von dem Tastsinn, welche noch weiterhin sich documentirt in den Unterschieden des Temperatur-Ortssinnes vom Berührungs-Ortssinn, die nur durch die functionelle Verknüpfung beider zum Theil verwischt werden. — Den Beweis, dass auch die übrigen physiologischen Postulate der Lehre von den specifischen Energieen erfüllt sind, werde ich im nächsten Heft zu bringen versuchen.

Nur noch eine allgemeine Bemerkung erscheint nothwendig. Man könnte die Frage aufwerfen, weshalb wir denn überhaupt bei einem flächenhaften Temperaturreiz nicht Temperaturpunkte, sondern eine Temperaturfläche wahrnehmen. Es hat dies, ebenso wie beim Sehsinn und Tastsinn, offenbar seine Ursache darin, dass die von den einzelnen Erregungen der Endorgane ausgelösten Empfindungen nicht absolut isolirt werden können und deshalb mehr weniger zusammenfliessen. Uebrigens ist es sehr wahrscheinlich, dass bei dieser Umwandlung des punktförmigen in das Flächengefühl noch folgender Umstand mitspielt. Unsere Wahrnehmungen sind selten einfacher, sondern überwiegend combinatorischer Art. Und weiter empfinden wir im Allgemeinen nicht den Zustand unserer Sinne als solchen, sondern verlegen die Empfindungen in das Object als dessen Eigenschaften. Als lehrrreiches Beispiel will ich nur das Sondengefühl anführen, bei welchem wir nicht unser Muskel- und Tastgefühl als solches bewusst wahrnehmen, sondern das Gefühl an die Sondenspitze verlegen, gleich als ob diese Nerven hätte. Da nun die Temperaturreize überwiegend flächenhafter Natur sind, wie wir es durch Seh- und Tastsinn gleichzeitig wahrnehmen, so wird auch die Temperaturempfindung der einzelnen distincten Punkte der erregenden Fläche als Eigenschaft angehängt und diffundirt. Daher kommt es denn, dass ein Gebiet, welches nur ganz verstreute thermische Punkte enthält, doch ein flächenhaftes Temperaturgefühl zu erwecken im Stande ist und dass die anästhetischen Lücken vollständig überdeckt werden wie die Papille des Sehnerven. Es ist interessant sich hiervon in folgender Weise zu überzeugen: Hat man eine Stelle mit sehr verstreuten, etwa Wärmepunkten, und setzt eine erwärmte Fläche, z. B. einen erwärmten Glasstab so auf einen Wärmepunkt, dass er ausser diesem nur anästhetisches Gebiet bedeckt, so erscheint meistens die ganze Fläche warm, — wenn der Punkt nicht gerade zu den sehr intensiven gehört. Man kann sich dabei auch gleich überzeugen, wie die Intensität der Flächenwärme wächst, wenn man nun dieselbe

Fläche auf mehrere und endlich auf eine Gruppe von Wärmepunkten setzt.

II.

Es ist im Vorigen gezeigt worden, dass die Temperaturnerven an bestimmten Punkten in die Hautsinnesfläche eintreten; dass es sich nicht etwa um zufällige Leitungsverhältnisse handelt, geht daraus hervor, dass, nachdem an einer Stelle die Temperaturpunkte fixirt sind, nach Entfernung der Hornschicht die Aufnahme der Punkte dasselbe Bild ergiebt, wie vorher. An diesen Punkten nun sind die Temperaturnerven-Enden nicht nur für den adäquaten Reiz irritabel, sondern auch für die allgemeinen Nervenreize. Man kann sich unschwer davon überzeugen, dass durch mechanischen Reiz in den Kältepunkten Kälteempfindung, in den Wärmepunkten Wärmeempfindung producirt werden kann. Es empfiehlt sich hierzu eine Nadel, ein spitzes Hölzchen oder eine Glasnadel zu verwenden, welche flach, nicht senkrecht, zur Haut gehalten in leichten Stössen gegen dieselbe bewegt wird. Blosser Druck führt viel weniger zum Ziele, während die durch den Stoss gesetzte leichte Erschütterung den Nerven erregt. Am besten gelingt der Versuch an Hautstellen, welche man spannen kann, z. B. Finger- und Handrücken, Gelenkgegenden; besonders für die Erregung der Wärmepunkte sind diese Stellen geeignet. Es ist ferner gut, den Versuch so anzustellen, dass man thermische Punkte bezeichnet und nun bei abgewandten Augen sich von einem Andern auf und zwischen den Punkten betupfen lässt; namentlich für das oft schwer zu erkennende punktförmige Wärmegefühl empfiehlt sich dies. Man überzeugt sich dabei gleichzeitig, dass die thermischen Punkte sehr distincter Natur sind; man klopft häufig an dem bezeichneten Punkt mehrfach vergeblich, bis plötzlich ein bestimmter „Punkt des Punktes" mit der specifischen Empfindung reagirt. Dass es in der That lediglich der Druck ist, welcher die specifische Empfindung auslöst, geht unzweifelhaft aus der Beobachtung hervor, dass es gelingt, nicht blos mit erwärmter, sondern auch mit stärker erhitzter Nadel mechanisch an manchen Kältepunkten Kälteempfindung hervorzubringen. Dies gelingt am besten an stark gespannten Hautstellen, z. B. den Dorsalflächen der Fingergelenke bei Flexion der Finger. Ebenso kann man mit der abgekühlten Nadel, ja mit dem kühlen Messingcylinder an manchen Wärmepunkten Wärmegefühl erzeugen. Die zur Erregung nothwendige Stärke des Stosses ist bei den verschiedenen Punkten verschieden, es empfiehlt sich deshalb, mit leichtestem Klopfen zu beginnen und dasselbe allmälig zu verstärken. Mit der den Punkten anhaftenden specifischen Empfindungs-

intensität scheint übrigens dies nicht im Verhältniss zu stehen; auch ganz schwach empfindende Punkte können schon bei leisester Berührung Kälteempfindung geben, die natürlich beim stärkeren Klopfen deutlicher wird; es spricht dies dagegen, dass lediglich die tiefere oder oberflächlichere Lage der Endorgane den Unterschied der Empfindungsstärke bedingt. — Nachdem man die thermischen Punkte mit dem adäquaten Reiz gesucht und bezeichnet hat, empfiehlt es sich noch etwas zu warten, da die Erregbarkeit der Temperaturnerven für den mechanischen Reiz durch die Abkühlung resp. Erwärmung etwas herabgesetzt ist — worauf wir noch zurückkommen. Zur Erregung der Wärmepunkte — es sei diese abgekürzte Redeweise gestattet — bedarf es meist eines grösseren Druckes als zu derjenigen der Kältepunkte. Uebrigens trifft man stets auf einzelne thermische Punkte, an denen die mechanische Erregung nicht gelingt, was sich durch die Reihe der hier in Betracht kommenden Zufälligkeiten — Lage des Endorgans, Fehltreffen der Nadel, momentane Herabsetzung der Erregbarkeit — wohl verstehen lässt.

Das bei der mechanischen Erregung entstehende Gefühl ist ein aufblitzendes, punktförmiges, deutlich qualificirtes Kälte- oder Wärmegefühl, und zwar ist es von verschiedener Intensität; so fühlt man kühle bis eiskalte Punkte und laue bis heisse; das Gefühl ist weit weniger irradiirend als bei Erregung durch den adäquaten Reiz. Das Wärmegefühl erscheint meist flächenhafter als das Kältegefühl; häufig aber tritt auch das letztere nicht als punktförmiges, sondern etwa wie ein Tropfen in die Wahrnehmung. Die Intensität der Empfindung bei mechanischer Reizung wächst bis zu einem gewissen Grade mit der Stärke der Erregung; dann wird sie durch Stechen etc. leicht verschleiert; wiederholt man die Reizung unmittelbar nacheinander öfter, so wird die Empfindung schwächer und hört schliesslich ganz auf, da Ermüdung eintritt. Bei andauerndem Druck ist meistens das Temperaturgefühl auch ein dauerndes, wird jedoch durch Ermüdung des Nerven allmälig immer schwächer, um dann ganz zu verlöschen. Prüft man jetzt mit dem adäquaten Reiz, so ist der Punkt auch für diesen erheblich abgeschwächt resp. ganz anästhetisch. — Auch ohne vorherige Bezeichnung der thermischen Punkte kann man durch blosses Betupfen der Haut Kälte- und Wärmeempfindungen auslösen, und man überzeugt sich dann durch Prüfen mit dem adäquaten Reiz, dass man thermische Punkte mechanisch gereizt hat. Auch dies empfiehlt sich mit einem Gehilfen vorzunehmen, und zwar ist es am lohnendsten, einen abgegrenzten Bezirk durch langsames, systematisches Vorgehen abzusuchen; man findet Kältepunkte leichter als Wärmepunkte, was wohl blos damit zusammenhängt, dass die Kälteempfindung als solche mehr in das Bewusstsein fällt. Ich möchte hier-

bei gelegentlich erwähnen, dass die mechanische Erregung der Temperaturpunkte eigentlich eine alltäglich zu machende Beobachtung ist; seitdem ich nämlich darauf achte, habe ich immer bemerkt, dass, wenn eine Fliege ungestört auf unserer Haut sich bewegt, man hier und da kalte und warme Punkte verspürt.

Man könnte angesichts der mechanischen Erregbarkeit der thermischen Punkte fragen, weshalb wir nicht bei jedem Druck Temperaturempfindungen haben. Es ist nun wohl ganz sicher, dass ein flächenhafter Druck bei weitem nicht so geeignet ist, die Enden der Temperaturnerven mechanisch zu erregen, als der punktförmige; denn bei jenem macht die Umgebung des Temperaturpunktes dieselbe Bewegung unter dem Einfluss des Druckes mit, wie der Punkt selbst, während der letztere den Punkt gegen die ruhende Umgebung zu verschieben tendirt und also stärker reizt. Dazu kommt die gleichzeitige Erregung von Druckempfindungen und meist auch von objectiv durch die Temperatur der berührenden Objecte producirten Temperaturempfindungen, welche die etwa subjectiv entstehenden verdecken. Ein Hauptmoment jedoch spielt die Gewohnheit, und man kann sich, wenn man einige Uebung in der Beobachtung der cutanen Empfindungen erlangt hat, leicht überzeugen, dass in der That bei jedem Druck die Temperaturnerven mechanisch erregt werden und diese ihre specifische Empfindung kundgeben. Man muss hierzu ein Reizmittel von Hauttemperatur und sehr schlechtem Wärmeleitungsvermögen benutzen; am besten hat sich mir Kork bewährt, den ich anstatt des Gummi in einen Perkussionshammer einziehe. Lässt man diesen „Korkhammer“ leicht auf der Haut ruhen, so fühlt man nur Berührung, keine Temperatur; bei tieferem Eindrücken wandelt sich das Berührungsgefühl in ein sanftes Druckgefühl um, und nun treten mit zunehmendem Druck deutliche Temperaturempfindungen auf: meist aufblitzende Kälte-, seltener Wärmepunkte; an Stellen jedoch, wo die eine oder andere Punktart bedeutend vorherrscht, flächenhafte Kühle oder laue Gefühle; bei tiefstem Eindruck ist das Temperaturgefühl ein ganz bestimmt qualificirtes geworden, entweder kalt oder warm, je nachdem Kälte- oder Wärmepunkte vorherrschend sind; an manchen Stellen ist das Gefühl bei tiefstem Druck sogar ein eisiges oder heisses. Zuweilen tritt während des tieferen Eindrückens ein Wettstreit der Temperaturqualitäten ein. Auch kommt es häufig vor, dass bei mässigem Druck kühles, bei tiefem dann warmes Gefühl entsteht; umgekehrt findet es sich zuweilen an Stellen, wo die Wärmepunkte vorherrschen, dass bei leichtem und mittlerem Druck deutliche Wärme entsteht und erst bei tieferem Druck einzelne Kältepunkte in die Empfindung treten. Vielfach tritt erst bei tiefstem Druck ein Temperaturgefühl auf, an manchen

Stellen gar keins. Letztere finden sich an den Tastflächen I. Ordnung, wo ja die Temperaturpunkte in sehr geringer Zahl vorhanden sind; ferner hier und da in anderen Regionen, wo die Erscheinung wahrscheinlich dadurch veranlasst ist, dass sich beide Punktarten das Gleichgewicht halten und nicht besonders intensiv ausgebildet sind. Bei bleibendem Druck hält die Temperaturempfindung eine Zeit lang an, um dann abzunehmen; an besonders geeigneten Stellen hinterlässt sie eine deutliche Nachempfindung. Ganz besonders deutlich ist das Kältegefühl an der Stirn. Stellen von ähnlicher Intensität des Kältegefühls und auch des Wärmegefühls finden sich hier und da verstreut; letztere herrschen bei mir an der Volarfläche des Vorderarms und der Dorsalfläche des Daumenballens vor; erstere fand ich am Handrücken, der Radialfläche des Handgelenks und vereinzelt am Vorderarm. Am Handrücken erscheint der Druck nach den Fingern zu kalt, nach dem Gelenk zu warm. Prägnant ist der Unterschied an der Volar- und Dorsalfläche der Finger; z. B. am Nagelglied des Zeigefingers volar reines Druckgefühl, dorsal deutliche Kälte. Drückt man den Kork etwas erwärmt gegen die Stirn, so macht das erste Wärmegefühl sehr bald einer deutlichen Kühle Platz, welche noch nach Entfernung des Druckes nachdauert, obwohl sich der abgenommene Kork noch warm anfühlt. An den erwähnten, für Wärmeempfindungen geeigneten Stellen ruft kaltes Metall beim tiefen Druck deutliches Wärmegefühl hervor. Es geht aus allem diesem überzeugend hervor, dass es sich um mechanische Erregung der Temperaturnerven handelt.

Auch bei leichtem Beklopfen der Haut mit dem Korkhammer treten bestimmt qualificirte Temperaturgefühle auf, welche bei stärkerem Beklopfen deutlicher werden, ebenfalls theils punktförmige, theils flächenhafte Empfindungen. Schreitet man auf diese Weise eine Hautregion ab, so wird man eine bedeutende Differenzirung der das Druckgefühl begleitenden Temperaturempfindungen finden. Man kann auf diese Weise auch sehr schnell eine oberflächliche Topographie des Temperatursinnes feststellen; prüft man die Stellen, die besonders kalt oder warm erscheinen, mit dem adäquaten Reiz, so findet man regelmässig ein bedeutendes Vorherrschen der einen oder anderen Punktart. — Ich möchte hierbei darauf hinweisen, dass diese mechanische Erregbarkeit der Temperaturpunkte möglicherweise eine Rolle spielt bei den sogenannten „Lokalzeichen" des tactilen Ortssinnes. Man kann sich sehr wohl vorstellen, dass die unbewusste Mischung der Temperaturgefühle mit dem Tast- und Druckgefühl ausserordentlich zu der verschiedenen localen Färbung des letzteren beizutragen im Stande ist.

Auf die e l e c t r i s c h e Erregbarkeit der thermischen Punkte hat

auch Blix hingewiesen. Man kann sich mit dem faradischen Strom überzeugen, dass in jedem Temperaturpunkt der hier endigende Temperaturnerv auf diesen allgemeinen Nervenreiz hin mit seiner specifischen Energie antwortet. Die Stromstärke ist möglichst schwach zu wählen, so dass gerade ein leises Prickeln entsteht. Als Electrode empfiehlt sich eine Stahlnadel, welche leicht mit der Spitze aufgesetzt wird. Auch dieser Versuch ist am besten in der Weise vorzunehmen, dass ein Gehilfe die Electrode aufsetzt, während der Untersuchte die Augen abwendet, und die andere Electrode nicht allzuweit von der Nadel entfernt applicirt, z. B. bei Versuchen am Arm auf die gleichseitige Hand; ich pflege die Oberfläche derselben durch feuchtes Fliesspapier zu vergrössern. Man sucht zunächst mit dem Messingcylinder Kälte- resp. Wärmepunkte auf und bezeichnet sie. Es empfiehlt sich, Hautregionen auszuwählen, welche nicht sehr schmerzempfindlich sind und intensive thermische Punkte besitzen, z. B. für die Electrisation der Kältepunkte den vorderen Theil des Handrückens, die Stirn, für die der Wärmepunkte die Rückenfläche des Vorderarmes.

Sobald die Nadelelectrode auf den Temperaturpunkt kommt, hört das sonst gefühlte Prickeln auf oder tritt wenigstens zurück, und es entsteht ein punktförmiges, verschieden intensives Kälte- resp. Wärmegefühl. Letzteres ist nicht so leicht wahrzunehmen wie jenes; die Auffassung desselben verschärft sich mit der Uebung. Am deutlichsten tritt es zuerst in das Bewusstsein durch den Contrast gegen das prickelnde Tastgefühl in der nächsten Umgebung, und es ist daher die Nadel Punkt für Punkt vorschreitend um die Temperaturpunkte und über dieselben hin zu führen. Die electrische Erregung der letzteren gelingt mit grosser Sicherheit, wenn man dieselben nur genau genug mit der Nadel absucht. Verstärkt man den Strom, so wird die Temperaturempfindung bis zu einem gewissen Grade deutlicher, jedoch tritt leicht zu starke Erregung der sensiblen Nerven ein, welche die Temperaturempfindung verdunkelt. Aber bei stärkeren Strömen kann man dann das Temperaturgefühl bis zu einer ganz bedeutenden Intensität steigern, es empfiehlt sich jedoch hierbei das stumpfe Ende der Nadel aufzusetzen. Das Temperaturgefühl wird dann so deutlich, dass es den unter Umständen erheblichen Schmerz zurückdrängt; besonders für die Wärmepunkte eignet sich dies Verfahren, welche bei starken Strömen brennend heiss erscheinen. — Man kann mit der Nadelelectrode sehr leicht constatiren, dass von unmittelbar neben einander liegenden Punkten nicht selten entgegengesetzte Temperaturempfindungen ausgelöst werden; von einem und demselben Punkt jedoch erfolgt immer nur die gleiche Temperaturqualität.

Der Einwurf, den Blix sich selbst macht, dass die Stahlelectrode

schon durch ihr Wärmeableitungsvermögen Kälteempfindung erregen könnte, ist schon dadurch hinfällig, dass dieselbe eben auch die Wärmepunkte erregt. Er empfiehlt, die Electrode nicht unmittelbar an die Haut zu bringen, sondern mit dem Pulverisateur Tröpfchen zu zerstreuen und in diese einzutauchen. Da nur ein Theil derselben gerade zufällig auf thermische Punkte kommen wird und ausserdem eine Controlle durch den adäquaten Reiz nicht möglich ist, so kann diese Methode als besonders exact nicht gelten. Der Nachweis, dass die Electrisation der Kältepunkte auch ohne unmittelbare Berührung mit der Nadel Kälteempfindung giebt, lässt sich in folgender Weise führen: Man betupft die mit dem Messing-Cylinder gefundenen Kältepunkte mit einem Brei aus Eisenfeilspänen und Wasser in möglichst distincter Weise; dann bepinselt man die Haut, bei sorgfältiger Umgehung der Eisenbreipunkte, mit spirituöser Schellacklösung, packt sodann auf die getrocknete Schellackschicht, den Punkten entsprechend, grössere Massen Eisenbrei und schliesst den Strom, indem man die Electrode mit letzterem in Berührung bringt. Bei gut gelungener Abgrenzung hat man dann deutliches Kältegefühl. In einfacherer Weise ist der Nachweis auch so zu führen, dass man die Nadel auf dem Kältepunkt ruhen lässt und von einem Gehilfen wechselsweise durch Aus- und Einstöpseln den Strom unterbrechen und schliessen lässt; man überzeugt sich dann, dass immer mit dem Strom das Kältegefühl auftritt. Namentlich wenn man das stumpfe Nadelende und starke Ströme benutzt, ist dies sehr deutlich. Nachdem dies nachgewiesen, ist kein Grund vorhanden, sich bei der Electrisation der Kältepunkte nicht der Metallelectrode zu bedienen.

Die Lehre von den specifischen Energieen verlangt, dass die Nervenfaser, an irgend einem Punkt ihres Verlaufs durch irgend einen der allgemeinen Nervenreize erregt, in der specifischen Empfindung reagire. Es giebt einzelne Thatsachen und Beobachtungen, welche dies Verhalten allerdings auch für die Temperaturnerven wahrscheinlich machten, — ich habe dieselben in meiner bereits citirten Dissertation zusammengestellt —, ohne dasselbe jedoch mit positiver Schärfe nachweisen zu können. Da ich bei meinen Versuchen, die Nervenstämme in der Continuität zu faradisiren, bei mittleren Strömen einige Male ein schwaches Kältegefühl in der Peripherie wahrnahm, so kam ich auf die Vermuthung, dass die Temperaturnerven nur durch starke Ströme in hinreichender Weise zu erregen sein möchten. Zugleich erschien es mir nothwendig, um die Nervenstämme möglichst isolirt resp. eventuell gesonderte Temperaturnerven-Bündel treffen zu können, eine möglichst feine Electrode zu wählen. Als am passendsten bewährten sich mir einfach die an den Leitungsschnüren befindlichen Stifte, mit einer Grundfläche von

0,15—0,2 cm Durchmesser. Indem man einen solchen als Electrode benutzt, umgeht man mit den stärksten, eben noch zu ertragenden Strömen, den Stift mässig in die Haut eindrückend, Punkt für Punkt langsam die Cirkumferenz der Hand, des Vorderarmes. Es gelingt auf diese Weise in der That, höchst deutliche excentrische Kälte- und Wärmeempfindungen zu erzeugen.

Sobald man sich mit dem Stift einem grösseren sensiblen Nervenstämmchen nähert, entsteht in der peripherischen Ausbreitung desselben das bekannte Prickeln, welches, wenn der Stift ungefähr direct auf den Nerven drückt, in heftiges Stechen übergeht; zugleich tritt meist ein localer, ziehender, oft unerträglicher Schmerz ein. Schiebt man nun den Stift vorsichtig mit der Haut über die Unterlage nach den verschiedensten Richtungen, bald mässig, bald tief eindrückend, so findet man eine Stellung des Stiftes heraus, bei welcher deutliche Empfindungen von Kälte oder Wärme in der peripherischen Ausbreitung des Nerven entstehen. Die Temperaturempfindung nimmt dabei nur selten das ganze prickelnde Gebiet ein, meist nur einen mehr oder minder grossen Abschnitt desselben; nicht selten tritt, wenn der richtige Punkt gefunden ist, das Prickeln und Stechen zurück gegen das Temperaturgefühl. Sehr wichtig ist, dass man das locale Gefühl an dem Aufsatzpunkte des Stiftes völlig ignorirt, auch trotz des oft sehr heftigen Schmerzes, und seine Aufmerksamkeit lediglich auf das excentrische Gefühl richtet. Vorwiegend und am leichtesten findet man excentrische Kälte. Hat man diese Empfindung in einem bestimmten peripherischen Gebiete erzeugt, so muss man, um in eben demselben Wärmeempfindung zu haben, den Stift wieder in der mannigfaltigsten Weise ganz langsam verschieben, heben und senken, die Stromstärke variiren; nicht selten erfolgt bei noch grösserer Verstärkung des Stromes Wärmegefühl. Oft kommt es vor, dass die Bemühung ohne Erfolg bleibt, dass aber bei Wiederholung des Versuches nach einiger Zeit von demselben Punkt aus mit Leichtigkeit Wärmegefühl zu erzeugen ist. Immerhin aber konnte ich von vielen Punkten aus nur Kälte, von anderen wieder nur Wärme hervorrufen. Zuweilen ist der Abschnitt, wo Temperaturgefühl entsteht, im Vergleich zu dem Gebiete der Formication ausserordentlich klein. Es geht aus allem hervor, dass es sehr dem Zufall unterliegt, ob der Strom Temperaturfasern, ob er Kälte- oder Wärmefasern und in welcher Ausdehnung er sie trifft. — Die Temperaturempfindung giebt sich entweder in der Form kalter und warmer Punkte zu erkennen, oder als flächenhaftes Temperaturgefühl — ein Zeichen, dass ein grösseres zusammenliegendes Bündel von Temperaturfasern getroffen ist. — Am geeignetsten für die Electrisation der Temperaturnerven sind der Handrücken, die

Volarfläche des Handgelenks, die Mittellinie der Volarfläche des Vorderarms in seinem unteren Drittel, der Ulnaris am Ellbogen, die Dorsalfläche des Fussgelenks mit der vorderen Fläche des untersten Theiles des Unterschenkels, der Tibialis unter dem Malleolus internus. Am Handrücken und der Volarfläche des Handgelenks ist die Erscheinung relativ am leichtesten zu constatiren, man muss natürlich dem Verlauf der Nervenstämmchen folgen. Jedoch wird man nicht in dem ganzen Verlauf eines Nerven deutliche Temperaturempfindung bekommen, sondern immer nur von mehr weniger begrenzten Gebieten oder Punkten, was zweifellos auf zufällige Lagerungsverhältnisse der Temperaturnervenfasern zu schieben ist. In den Abbildungen sind diejenigen Punkte angegeben, wo mir die Producirung der excentrischen Temperaturempfindung deutlich gelungen ist, ohne dass ich behaupten will, dass dies nun feststehende und die einzigen Punkte seien.

Es ist gut, bei dem Versuch die Haut etwas anzufeuchten; drückt man den Stift tiefer ein, so ist zu vermeiden, dass derselbe sich mit seiner Fläche in grösserer Ausdehnung an die Haut anlegt. Der Strom muss mindestens so stark gemacht werden, dass beim Aufsetzen ein lebhafter Schmerz eintritt; sobald sich jetzt ein leises Kältegefühl zeigt, ist der Strom rücksichtslos zu verstärken, bis dasselbe ganz deutlich hervortritt.

Ausser dem localen Schmerz entsteht nun vielfach, nämlich an den thermischen Punkten, ein locales Temperaturgefühl — wie ja schon erwähnt wurde, dass dasselbe durch starke Ströme mit grosser Intensität hervorzurufen ist. Man könnte nun den Einwurf machen, dass die excentrische Temperaturempfindung überhaupt auf einer Sinnestäuschung beruhe, dass nämlich locale Temperaturpunkte in intensiver Weise erregt würden und zugleich excentrisch einfach Sensation der Tastnerven, und dass sich beide Gefühle im Bewusstsein mischten zu einer excentrischen Temperaturempfindung; man findet in der That Stellen, wo dies der Fall sein könnte und wo man sich zuerst schwer darüber klar wird, ob dies oder wirkliche excentrische Temperaturempfindung vorliegt. Namentlich kommt dies vor an Stellen, welche der Peripherie nahe liegen, wie Handrücken. Um das locale Temperaturgefühl von dem excentrischen zu unterscheiden, muss man den Stift an einem Temperaturpunkt leicht aufsetzen und allmälig stärker eindrücken, man merkt dann, sobald die excentrische Empfindung hinzutritt, und vermag nach einiger Uebung beide scharf zu unterscheiden. Man überzeugt sich leicht, dass beide unabhängig von einander sind, man kann von Kältepunkten aus excentrisches Wärme-, von Wärmepunkten excentrisches Kältegefühl erzeugen. — Nicht selten irradiirt die locale Temperaturempfindung bei starken Strömen sehr in die Umgebung, und

es könnte allenfalls auch vorkommen, dass dieses irradiirende Temperaturgefühl als excentrisches ausgelegt wird; man bringt ersteres durch tieferes Eindrücken des Stiftes leicht zum Verschwinden.

Auch die mechanische Erregung der Temperaturnerven in der Continuität ist mir in unzweifelhafter Weise mittelst des Korkhammers gelungen, einfach indem ich im Verlaufe der Nerven tief eindrückte und den Druck, den Korkhammer leicht hin- und herschiebend, eine Zeit lang wirken liess; bekommt man überhaupt eine Temperaturempfindung, so stellt sie sich schon nach einigen Secunden ein. Die Temperaturempfindung ist schwächer als bei der electrischen Erregung. In Bezug auf die in den Abbildungen[1]) bezeichneten Stellen bemerke ich, dass ich dieselben viel später festgestellt habe, als die für den faradischen Strom, und ohne das Bild zu Hülfe zu nehmen; die Untersuchungen waren demnach ganz unabhängig von einander. Ausser an den dort bezeichneten Stellen habe ich das excentrische Temperaturgefühl produciren können durch Druck auf den Ulnaris am Ellbogen; ferner konnte an der Volarfläche des Vorderarms in der Mittellinie, 14 cm oberhalb der Handgelenksfurche, durch mässigen Druck Kältegefühl im Handteller, bei tiefem sehr deutlich warme Empfindung im vorderen Theil des Handtellers erzielt werden, welche beim Hin- und Herschieben deutlich radial- und ulnarwärts wanderte. Von einer anderen Stelle der Volarfläche aus, 9 cm oberhalb der Furche, 1 cm radialwärts von der Mittellinie, Kältegefühl im 2. und 3. Finger. — Uebrigens kann man auch beim Eingeschlafensein der Glieder oft deutlich das Auftreten warmer und kalter Punkte beobachten, in der Art, wie sie bei mechanischer und faradischer Reizung der Temperaturpunkte entstehen; beim Aufhören des Nervendrucks überläuft nicht selten eine intensive Wärme, zuweilen mit Kälte wechselnd, einen Theil des Gliedes; Erscheinungen, für die man nach den gemachten Mittheilungen wohl kaum mehr vasomotorische Vorgänge, sondern die plausibelere Erklärung des directen Nervendrucks anzunehmen hat.

Es bleibt nun noch die Frage zu erledigen, wie sich die specifische Empfindung der Temperaturnerven zur Schmerzempfindung verhält. Sticht man eine sehr gut gespitzte Nadel so tief in die Haut ein, dass die Empfindung eines schmerzhaften Stiches entsteht, und schreitet in dieser Weise langsam ein Gebiet der Haut ab, wie mit dem Messingcylinder, so überzeugt man sich, dass mit wenigen Ausnahmen an jedem Temperaturpunkt völlige Analgesie herrscht. Es ist dabei zu beachten, dass der Temperaturpunkt ein sehr distincter Punkt ist und sehr genau

[1]) Sind im Abdruck weggelassen worden.

gesucht sein will; hieraus erklären sich auch die wenigen Ausnahmen, wo es eben nicht möglich ist, den Punkt beim tieferen Einstechen genügend zu isoliren. Ich habe diese Versuche einerseits so angestellt, dass ich nach Feststellung der Temperaturpunkte mich von einem Gehilfen bei abgewandten Augen stechen liess, und zwar durch einander zwischen und auf den Punkten; andrerseits so, dass ich von abgegrenzten Gebieten die Temperaturpunkte abzeichnete und auf der Haut löschte, sodann nach Verlauf eines oder mehrere Tage die „analgetischen“ Punkte aufnahm und ebenfalls abzeichnete; man gewinnt dabei ganz entsprechende, sich deckende, areoläre Anordnungen; natürlich findet man auf diese Weise nicht so viel analgetische Punkte wie Temperaturpunkte, da man doch nicht jeden Punkt des Gebietes durchstechen kann. Die analgetischen Punkte zuerst aufzusuchen, empfiehlt sich nicht, da durch die eintretende Schwellung die Stelle auf viele Tage unempfindlich gegen Temperaturen wird. — Bei dem Versuch mit dem Gehilfen kommt es, z. B. am Arm, nicht selten vor, dass beim kräftigsten Einstechen an einem gut isolirten Temperaturpunkt auch nicht die Spur einer Berührung, überhaupt nichts gefühlt wird, eine zuerst sehr frappante Erscheinung. Prüft man die Schmerzempfindlichkeit faradisch, so erweisen sich die Temperaturpunkte ebenfalls als analgetisch. — Auch Blix giebt an, Punkte in der Haut gefunden zu haben, wo das Schmerzgefühl fehlt, behauptet aber von den Temperaturpunkten, dass sie Schmerz geben können.

Ganz analog verhält es sich nun mit dem Temperaturschmerz. An den Temperaturpunkten fehlt der Temperaturschmerz. Tastet man mit dem stark erhitzten Messingcylinder die Haut ab, so entsteht bei jedem Aufsetzen ein unerträglich stechender Schmerz; sobald man auf einen Temperaturpunkt kommt, schwindet der Charakter des Unerträglichen, es tritt an Wärmepunkten ein heisses, zuweilen nebenbei stechendes Gefühl auf; bei guter Isolirung aber fehlt jede Spur von Schmerz, und ebenso bei Kältepunkten. Dass das Temperaturgefühl, wie jede Sinnesempfindung, unter Umständen eine unangenehme, Unlust erweckende Stärke annehmen kann, ist natürlich; aber dies ist noch kein Schmerz, der Temperaturschmerz ist vielmehr etwas Zusammengesetztes aus Temperaturempfindung und schmerzhafter Erregung der Tastnerven, welche letztere durch die excessive Temperatur als allgemeinen Nervenreiz gesetzt wird, und dieser Schmerz gerade wird durch die Temperaturnerven nicht percipirt. Es ist bei diesen Versuchen strengste Isolirung der Temperaturpunkte nöthig, da oft unmittelbar neben denselben Punkte von ganz besonderer Schmerzempfindlichkeit liegen, über welche ich demnächst nähere Mittheilungen machen werde. Man sollte meinen, dass eine Temperaturhöhe, welche im Stande ist, die sensiblen

Nerven zu erregen, auch die Kältenerven reizen müsste; ich habe jedoch allerdings diese Wahrnehmung nicht machen können.

Hiermit sind nun alle Postulate erschöpft, welche die Lehre von den specifischen Energieen an einen Sinnesapparat stellt, und bis auf den mikroskopischen Nachweis der Endorgane können wir nach unseren jetzigen Kenntnissen den Temperatursinnes-Apparat als einen diesem Gesetze völlig entsprechenden hinstellen: Der Temperatursinn besitzt einen gesonderten Nervenapparat, und zwar besondere Kältenerven und Wärmenerven, welche zusammen mit den Tastnerven verlaufen. Jeder Erregungszustand derselben, mag er durch den adäquaten oder durch allgemeine Nervenreize veranlasst sein, mag er von den Endorganen oder einer Reizung in der Continuität des Stammes ausgehen, wird als Kälte resp. Wärme empfunden, und ausser dieser einen Empfindung ist der Temperaturnerv einer anderweitigen nicht fähig. — Wenn bisher der Sehnerv als vollendetestes Paradigma dieser Lehre hingestellt worden ist, so schliesst sich jetzt ihm der Temperaturnervenapparat würdig an und vollkommener als die anderen Sinnesnerven.

Es möchte sich verlohnen, einen Seitenblick darauf zu werfen, wie sich jetzt nun eine Theorie des Temperatursinnes gestalten müsste. Ich kann dies an dieser Stelle nur in ganz kurzen Worten thun. — Während E. H. Weber meinte, dass es lediglich der Act des Steigens oder Sinkens der Hauttemperatur sei, welcher von uns als Wärme oder Kälte percipirt werde, — Vierordt die Ansicht aufstellte, dass die Richtung des durch die Haut fliessenden Wärmestromes maassgebend sei, in der Weise, dass der nach aussen gerichtete Strom als Kälte, der nach innen gerichtete als Wärme empfunden werde, — entwickelte Hering[1]), dass die Temperaturempfindung abhänge von der jeweiligen Höhe der Eigentemperatur des nervösen Apparates der Haut; die Deutlichkeit der Wärme- oder Kälteempfindung wächst mit dem Abstande der jeweiligen Eigentemperatur von der „Nullpunktstemperatur", d. h. derjenigen, bei welcher weder Wärme noch Kälte gefühlt wird; dieser Nullpunkt jedoch ist variabel und zwar wieder abhängig von der Hauttemperatur und damit von den Temperaturreizen; durch Wärmereize wird die Nullpunktstemperatur erhöht und umgekehrt. Hering bezeichnet dies als „Adaptation" des nervösen Apparates und bestreitet, dass es sich dabei um Ermüdungserscheinungen handelt. Er entwickelt weiter, dass man nur einen einzigen Nervenapparat für Wärme und Kälte annehmen könne, und dass der Kälte- und Wärmeempfindung die gegensätzlichen

[1]) Hering, Grundzüge einer Theorie des Temperatursinnes. Sitzungsberichte der Kais. Akad. der Wiss. 75. Bd. III. Abth. 1877. S. 101.

Stoffwechselvorgänge der Assimilation und Dissimilation der nervösen Substanz entsprechen. Für die Einheit des Nervenapparates führt er die „Contrast-Erscheinungen“ an, mit welchen er zugleich die Adaptation beweist: „Taucht man die eine Hand in kaltes Wasser (6—10° C.), die andere gleichzeitig in heisses (40—45°) und bringt nach 20—30 Secunben beide Hände in Wasser von 25—27°, so empfindet die eine Hand das Wasser deutlich warm, die andere deutlich kalt.“ Die anderen Versuche sind ähnlich. Da also durch einen Wärmereiz nicht blos die Empfindlichkeit für diesen herabgesetzt, sondern zugleich für die Kälte erhöht werde, so müsste man bei einem doppelten Nervenapparat annehmen, dass jeder Reiz auf die Empfindlichkeit des zugehörigen Apparates erniedrigend, auf die des anderen erhöhend wirke, was sich eben bei Annahme eines einzigen Apparates viel einfacher denken lasse. Allein ich werde Versuche anführen, welche direct gegen Hering's Adaptation sprechen: Hält man einen Finger in Wasser von ca. 32° R. und nach ca. 10 Secunden gleichzeitig mit dem entsprechenden der anderen Seite, der sich unterdess in der Luft befunden hat, in kaltes Wasser, so fühlt der erwärmte die Kälte schlechter. — Hält man einen Finger in kaltes Wasser und dann gleichzeitig mit dem der anderen Seite in warmes, so fühlt der abgekühlte Finger die Wärme schlechter. — Hält man einen Finger in kaltes, den entsprechenden der anderen Seite in laues Wasser, und nach ca. 10 Secunden beide in Wasser von ca. 32°, so fühlt der laue Finger die Wärme besser als der kalte. — Es ist ohne weiteres klar, dass bei Hering's Adaptation die Erscheinungen ganz anders sich verhalten müssten. Nach diesen Versuchen, welche man beliebig variiren kann, fühlt ein im thermischen Gleichgewicht befindlicher Nervenapparat Kälte besser als der erwärmte oder abgekühlte, und ebenso Wärme besser. Dies erklärt sich volkommen bei der Annahme, dass jede Veränderung der Eigentemperatur des nervösen Apparates die Empfindlichkeit desselben überhaupt herabsetzt. Man kann sich hiervon in unzweifelhafter Weise vermittelst der Temperaturpunkte überzeugen. Hat man Kälte- und Wärmepunkte an einer Stelle fixirt, so findet man, dass durch Abkühlung der Stelle sowohl die Kälte- wie die Wärmepunkte in ihrer Empfindlichkeit herabgesetzt werden, und entsprechend dasselbe bei Erwärmung, wozu man natürlich nicht dieselbe Stelle anwenden darf. Es schien übrigens, dass die Kältepunkte durch Abkühlung etwas mehr an Empfindlichkeit einbüssten als die Wärmepunkte und umgekehrt die Wärmepunkte mehr durch Erwärmung. Jedoch will ich dies nicht sicher behaupten. Ich habe die Versuche in der mannigfaltigsten Weise variirt und bin immer zu demselben Resultat gekommen, z. B. auch, wenn die Punkte einzeln abgekühlt oder er-

wärmt wurden. Wendet man statt punktförmiger Temperaturreize flächenhafte, auf eine bestimmte umschriebene Stelle beschränkt, an, so constatirt man ebenfalls dasselbe. Dies kommt dem Wasserversuch ganz nahe. — Stärkere Abkühlung schwächt die Empfindlichkeit beider Punktarten sowohl gegen faradischen wie mechanischen Reiz ab; hieraus geht hervor, dass wenigstens durch starke Abkühlung eine wirkliche Ermüdung beider Nerven gesetzt wird.

Alles dies spricht gegen die von Hering aus dem sonst richtigen Contrastversuch gezogenen Folgerungen. Weber's Ansicht erklärt Hering, wie auch Vierordt, für unzutreffend, weil eine stärker abgekühlte Hautstelle nach Entfernung des Kältereizes noch längere Zeit eine kalte Nachempfindung hinterlässt, obwohl sie doch Wärme aufnimmt und also nach Weber eine warme Empfindung geben müsste. Allein diese Nachempfindung muss ich für einen rein nervösen Vorgang halten, der mit der objectiven Temperatur der Hautstelle nichts zu thun hat. Man kann an intensiven Kältepunkten, z. B. an der Stirn, durch blosse momentane leichte Berührung mit dem nicht einmal abgekühlten Messingcylinder eine so intensive und lange dauernde kalte Nachempfindung produciren, dass dies an manchen Punkten geradezu frappirt. Von einer irgendwie nennenswerthen objectiven Abkühlung der Haut kann doch aber hier nicht die Rede sein. Auch bei der mechanischen Erregung bleiben, wie wir gesehen haben, zuweilen Nachempfindungen zurück. Der Erregungszustand der Temperaturnerven läuft sehr langsam ab, und diese lange Nachdauer des Erregungszustandes erklärt die Ermüdung für neue Reize der gleichsinnigen Qualität; während von den ungleichsinnigen Nerven sich denken lässt, dass ihre Endigungen durch die ihrem adäquaten Reiz entgegenlaufende Temperaturveränderung in einen torpiden Zustand versetzt werden; denn man kann sich doch wohl die Umsetzung der Temperaturveränderung in einen Nervenreiz kaum anders vorstellen, als durch Veränderung der Dichtigkeit der Endorgane resp. Nervenenden; deshalb wird für die normale Erregbarkeit eine bestimmte Dichtigkeit derselben erforderlich sein, welche nur in engen Grenzen schwanken darf, um nicht der Irritabilität Abbruch zu thun. An einer stark abgekühlten Hautstelle ist demnach die Herabsetzung der Empfindlichkeit beider Nervenarten so bedeutend, dass der Reiz der Blutwärme für sie vorläufig garnicht vorhanden ist; vielmehr tönt der Erregungszustand der Kältenerven noch lange fort.

In Hering's Contrastversuch empfindet einfach die abgekühlte Hand Wärme, weil sie Wärme aufnimmt, die erhitzte Hand Kälte, weil sie Wärme abgiebt. Aber wie aus den von mir angeführten Versuchen hervorgeht, ist die Wärmeempfindung bei der abgekühlten Hand immer

noch geringer, als bei der im thermischen Gleichgewicht befindlichen, obwohl die Temperaturdifferenz grösser ist — in entsprechender Weise bei der erwärmten Hand.

Die Nachdauer der Empfindung zusammen mit der Herabsetzung der Erregbarkeit beider Nervenarten und dem Weber'schen Satz, dass das Aufnehmen von Wärme als Wärme, das Abgeben als Kälte empfunden wird, d. h. in der jetzt nothwendigen Fassung, dass den adäquaten Reiz für die Wärmenerven die Aufnahme, für die Kältenerven die Abgabe von Wärme bildet, erklärt somit alle Erscheinungen.

Füge ich noch hinzu, dass die quantitative Schätzung der Temperaturreize zum Theil durch die Intensität der Erregung jedes einzelnen Temperaturpunktes, zum Theil durch die bei jeder Verstärkung des Reizes neu hinzutretenden Punkte (cf. Theil I in voriger Nummer) erkannt und beurtheilt wird, so dürften dies die Grundzüge einer Theorie des Temperatursinnes nach meiner Auffassung sein.

3.

Die specifische Energie der Gefühlsnerven der Haut.

(Monatshefte für practische Dermatologie. III. Band. 1884. Nr. 9 und 10.)

Wenn man dieselbe Methode der Reizung wie bei dem Temperatursinn bei dem Tastsinn anwendet, d. h. also mit punktförmigen Tastreizen ein Gebiet der Haut abschreitet, so findet man, dass man zwar die Berührung überall fühlt, dass aber an manchen Punkten das Gefühl ganz besonders deutlich wird. Wählt man nun den Tastreiz so schwach wie möglich, so constatirt man leicht, dass streckenweise gar kein Gefühl entsteht, vielmehr nur an distincten Punkten. Blix[1]), welchem es darauf ankam, genau das zur Erregung der Punkte erforderliche Kraft-Minimum zu bestimmen, benutzte einen complicirten Apparat. Da für mich andere Gesichtspunkte im Vordergrunde stehen, so genügt mir eine Nadel oder ein gespitztes Hölzchen, welches ich so leicht wie möglich schräg auf die Haut aufsetze, ohne einen eigentlichen Druck anzuwenden. Bei einiger Uebung ist dies Verfahren absolut sicher und genauer, als es zuerst erscheint. Betupft man auf diese Weise eine nicht besonders empfindliche Hautregion, so findet man, dass man ganze Strecken abschreiten kann, ohne irgend etwas zu fühlen, bis plötzlich ein Punkt kommt, an welchem die Berührung wahrgenommen wird. Das entstehende Gefühl ist entweder ein äusserst zartes, häufig kitzelndes Berührungsgefühl, entsprechend demjenigen, welches man bei Berührung eines Härchens hat, oder ein stärkeres, als ob man auf ein feines Körnchen Staub drückt. Das Gefühl ist bald mehr, bald weniger distinct

[1]) Magnus Blix, Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die specifische Energie der Hautnerven. Upsala läkarefören. förhandl. XVIII. 7 och 8. Referat in Schmidt's Jahrbüchern. Bd. 198.

und von sehr verschiedener Lebhaftigkeit. An diesen Punkten ist offenbar das Tastgefühl am feinsten entwickelt und man kann sie daher als „Tastpunkte" oder besser „Druckpunkte" bezeichnen, was durch die unten noch mitzutheilenden Verhältnisse des Localisations-Vermögens noch berechtigter erscheinen wird. Man kann die Druckpunkte auch mit dem inducirten Strom nachweisen, wenn man diesen äusserst schwach macht und eine Nadel-Electrode anwendet; man fühlt dann überhaupt nur an den Druckpunkten ein leichtes Prickeln, dazwischen nichts. An Hautregionen mit grob entwickeltem Tastvermögen kann man bei der Annäherung an den Druckpunkt schon ein zunehmend deutlicher werdendes Tast- und Druckgefühl constatiren. Sehr häufig entsprechen den Härchen Druckpunkte.

Sucht man ein umgrenztes Gebiet der Haut systematisch ab und fixirt die Druckpunkte, so finden sich dieselben in einer annähernd areolären Anordnung, welche derjenigen der Temperaturpunkte entspricht.[1]) Die Areolen sind viel vollständiger und zierlicher als die der Temperaturpunkte, auffallend häufig etwas länglich. Im Allgemeinen liegen die Druckpunkte viel dichter als die Temperaturpunkte, jedoch giebt es Hautregionen, wo diese in der Ueberzahl sind, z. B. Rücken. Sie setzen theils die von jenen dargestellten Figuren fort, complementiren unvollständige Areolen, theils führen sie die Zeichnung detaillirter aus; zuweilen bilden sie auch kleine dichtere Anhäufungen. Auch an den sogenannten Tastflächen, wo anscheinend jeder Punkt der Haut tastempfindlich ist, kann man die areoläre Anordnung der am meisten empfindlichen Punkte nachweisen; z. B. leicht am Handteller; aber auch an den Tastballen höherer Ordnung: stumpft man nämlich die Sensibilität der Haut an einer solchen Stelle künstlich ab, z. B. durch Kälte oder Eisessig, so kann man constatiren, dass die dann noch empfindlichsten Druckpunkte in einer areolären Anordnung liegen.

Nimmt man von derselben begrenzten Stelle mit der Nadel und dann mit dem faradischen Strom Bilder der Druckpunkte auf, so decken sich dieselben, woraus die Identität der durch beide verschiedenen Reizmittel gefundenen empfindlichsten Punkte hervorgeht. Hat man an einer Stelle die Druckpunkte fixirt und abgezeichnet, und entfernt nun die Epidermis durch Collodium cantharidatum, so gewinnt man bei der jetzt wiederholten Aufnahme der Druckpunkte ungefähr dasselbe Bild; dies beweist, dass die Druckpunkte nichts mit der Epidermisleitung zu

[1]) Der Ausdruck „areolär" ist cum grano salis zu nehmen und nicht für alle Fälle zutreffend, jedoch weiss ich einen passenderen zur Zeit nicht zu nennen. Die Nervenendigungen ordnen sich vorwiegend in geschwungenen Linien an, welche theils abgesetzt sind, theils hier und da zusammentreten und so mehr weniger geschlossene Figuren bilden.

thun haben, sondern auf bestimmte Nervenendigungen zurückzuführen sind. — Die Häufigkeit der Druckpunkte ist an den verschiedenen Körperregionen verschieden und steht in einem gewissen Verhältniss zur Tastempfindlichkeit (vgl. die Abbildungen).[1])

Man findet nun in der Areolenlinie noch andere Punkte, an denen schon bei der schwächsten Berührung das Gefühl eines Stiches entsteht. Man kann diese mit gutem Recht als Schmerzpunkte zusammenfassen. An diesen ist das körnige Tastgefühl überhaupt nicht vorhanden; derselbe Reiz, welcher das letztere an den Druckpunkten hervorbringt, producirt hier ein feines stechendes Gefühl; an den meisten Punkten allerdings fühlt man bei sehr vorsichtiger Reizung ein sehr schwaches, mattes Berührungsgefühl, welches schnell in Schmerz übergeht. Bei Verstärkung des Druckes tritt entweder ein sehr unangenehm lancinirendes Stechen ein oder ein schmerzhaft drückendes Gefühl. Auch diese Punkte kann man mit schwächsten faradischen Strömen deutlich auffinden und nachweisen. Die Schmerzpunkte fallen durchaus nicht mit den Druckpunkten zusammen; tastet man eine Areolenlinie mit der Nadel oder Nadelelectrode ab, so fühlt man sehr deutlich, wie zwischen zwei Druckpunkten oft ein Schmerzpunkt eingeschaltet ist. Besonders häufig finden sich solche in den grossen und kleinen Furchen der Haut. — Die Thatsache der Schmerzpunkte stimmt damit überein, dass wir gewisse Nerven überhaupt nur fühlen, wenn sie schmerzhaft erregt sind, wie z. B. die des Darmtractus.

Die Haut enthält demnach ein netzartiges System von sensiblen Punkten, welches eine Mosaik von verschieden qualificirten Empfindungspunkten: Kälte-, Wärme-, Druck-, Schmerzpunkten darstellt. Die je einer Qualität angehörigen Sinnespunkte sind nun durchaus nicht, wie man es erwarten sollte, in einer einigermaassen gleichmässigen Vertheilung angeordnet, vielmehr sehr ungleichmässig, hier Anhäufungen, dort Lücken bildend; namentlich gilt dies von den Temperaturpunkten. Aber alle Qualitäten zusammen fügen sich zu einer gemeinsamen Ordnung, einem erkennbaren vollständigen System. Diese Erkenntniss der Anordnung der Sinnespunkte dürfte für den mikroskopischen Nachweis der den sensiblen Nerven zugehörigen Endorgane von Bedeutung sein.

Uebt man auf einen Druckpunkt einen allmälig stärker werdenden Druck aus — mit der Nadel, so hat man ein reguläres punktförmiges zunehmendes Druckgefühl, dessen Graduirung man sehr wohl unterscheiden kann. Schliesslich geht dasselbe in ein schmerzhaftes Druckgefühl oder auch in ein stechendes Gefühl über; an manchen tritt

[1]) Sind im Abdruck weggelassen worden.

jedoch auch bei tiefem Eindrücken kein eigentlicher Schmerz auf, sondern das Druckgefühl nimmt nur eine etwas unangenehm empfindliche Färbung an. — Wenn dies gleichsam der Typus eines Druckpunktes ist, so giebt es jedoch daneben andere, bei welchen das Körnchengefühl unmittelbar in Schmerz übergeht, oder bei welchen bis zu einem gewissen Grade Druckgefühl entsteht, welches dann schnell zu Schmerz sich verwandelt. Man sieht, dass hiermit ein Uebergang der Druckpunkte zu Schmerzpunkten festgestellt ist. — Die Druckpunkte reagiren nun nicht alle auf den minimalen Reiz, zahlreiche vielmehr treten erst durch etwas stärkere Berührung und entsprechend durch Verstärkung des minimalen faradischen Stromes in die Empfindung; an manchen Hautregionen ist überhaupt im Allgemeinen ein stärkerer Druck nöthig, wie man ihn sehr wohl mit der nadelführenden Hand abmessen kann; das Gefühl ist auch an diesen ein körniges Tastgefühl, jedoch gewöhnlich von etwas matterer, stumpferer Beschaffenheit. — Auf der *Zwischenhaut* nun, d. h. jeder nicht mit Druckpunkten versehenen Stelle, speciell innerhalb der Areole, kommt ein ausgeprägtes punktförmiges Tast- und Druckgefühl *überhaupt nicht zu Stande*. Das Gefühl ist hier entweder stumpf, pelzig, etwas flächenhaft, bei tieferem Druck in empfindliches Druck- oder Stichgefühl übergehend — oder, und dies ist vorwiegend, von vornherein mehr *stichartig*, das heisst, ohne Schmerz, aber auch ohne die qualificirte Tast- und Druckempfindung, dünn, inhaltslos. Man kann die zunehmende Stärke des Druckes an diesem Gefühl fast garnicht wahrnehmen, nur schätzen insofern, als das stechende Gefühl bei zunehmendem Druck etwas deutlicher wird und meist schon bei relativ geringer Verstärkung desselben in schmerzhaftes Stechen übergeht, welches jedoch wieder bei weitem nicht so intensiv ist als an den Schmerzpunkten. Auch wenn man einen *stumpfen* Druck in einer Areole applicirt, z. B. mit Stecknadelkopf, ist das Gefühl ein mattes, unqualificirtes; den Grad des Druckes kann man ebenfalls so gut wie garnicht fühlen und bald tritt stechender Schmerz ein. Der Unterschied zwischen dem Gefühl auf Druckpunkten und der Zwischenhaut ist ein so prägnanter, dass man, wenn man bei abgewandten Augen sich von einem Gehilfen nach vorheriger Fixirung von Druckpunkten bald hier, bald dort mit der Nadel berühren und drücken lässt, mit grosser Genauigkeit angeben kann, ob derselbe einen Druckpunkt oder Zwischenhaut getroffen hat. — Es ist schon angedeutet worden, dass in der Zwischenhaut leichter Schmerz entsteht als auf den Druckpunkten; ein gleicher Nadeldruck macht dort ein schmerzhaft-stechendes, hier ein Gefühl des Druckes. Noch exacter kann man sich hiervon mittelst des electrischen Stromes überzeugen. Stromstärken, die innerhalb der Areolen schon ein schmerz-

haftes Gefühl verursachen, rufen auf Druckpunkten ein prickelndes körniges Gefühl hervor. Auf epidermisloser Haut verhalten sich diese Erscheinungen ebenso. — Wenn man auf eine Gruppe von Schmerzpunkten einen stumpfen Druck ausübt, so wird derselbe, selbst wenn man weiches Material, z. B. Kork anwendet, als scharf empfunden. mit einzelnen intensiveren punktförmigen Schmerzempfindungen.

Eine den sensiblen Hautnerven noch eigenthümliche Empfindungsqualität ist der Kitzel. Das Kitzelgefühl wird nicht etwa durch irgend eine bestimmte Art von Bewegungen hervorgebracht, sondern es ist eine specifische Empfindungsqualität der Hautnerven, so gut wie die anderen, denn die blosse leise Berührung eines Hautpunktes erzeugt Kitzelgefühl; es ist weder eine gewisse Summe von Nervenerregungen noch eine wiederholte Reizung nothwendig, sondern man muss annehmen, dass es Nervenenden giebt, welche bei der geringsten Erregung Kitzelgefühl auslösen. Dasselbe pflegt, weil es wie der Schmerz einen zu sehr störenden Eindruck auf das Sensorium macht, um objectivirt zu werden, den Gemeingefühlen zugerechnet zu werden; es zeichnet sich aus durch einen diffusen irradiirenden Charakter und durch die relativ lange Nachempfindung, welche schliesslich zu einem hauchähnlichen Berührungsgefühl abblasst. Uebt man nun punktförmige, sehr leichte Reize auf einem begrenzten Gebiet der Haut aus — ich pflege dazu ein zugespitztes, auf eine Nadel gespiesstes Stückchen Kork zu verwenden — so findet sich, dass wieder nur ganz bestimmte Punkte fähig sind, diese specifische Empfindung zu geben. Bei Fixirung derselben zeigt sich, dass dieselben mit den Druck- und Schmerzpunkten zusammenfallen. Vorwiegend sind es die Druckpunkte, welche bei sanftester Berührung Kitzelgefühl geben; aber auch bei Schmerzpunkten kann man es constatiren. Hat man auf einer Hautstelle die Areolenlinien bezeichnet, so kann man sich sehr leicht überzeugen, dass innerhalb der Areolen durch die verschiedensten Manipulationen gar kein oder ein höchst unbedeutendes Kitzelgefühl erzeugt werden kann, während in der Areolenlinie sofort deutlicher Kitzel auftritt. Die Disposition zum Kitzelgefühl wird sehr leicht aufgehoben, und zwar durch Ermüdung in Folge des kurze Zeit applicirten adäquaten Reizes, ferner durch jede stärkere Berührung, Kälte und Hitze. Kitzel ist demnach eine Empfindungsqualität, welche von den sensiblen Hautnerven vermittelt wird, und zwar entspricht diese Qualität einfach der schwächsten Erregung der Nervenfaser, und ihr adäquater Reiz ist die überhaupt vorkommende schwächste mechanische Reizung. Dass man für gewöhnlich eine streichende Bewegung zur Hervorbringung dieser Qualität benutzt, kommt einfach daher, dass durch das schnell aufeinanderfolgende

Entstehen von einzelnen Kitzelempfindungen der Eindruck bedeutend verstärkt wird.

Wenn die aufgestellte Behauptung richtig sein soll, so muss sich Kitzel auch durch schwache electrische Ströme erzeugen lassen. In der That ist dies in genügend deutlicher Weise möglich. Ich stelle den Versuch so an, dass ich auf disponirte Hautregionen, z. B. Handteller, grosse Tropfen Wasser fallen lasse, das stumpfe Ende der Nadelelectrode eintauche und nun von einem Gehilfen den Strom schliessen lasse, welcher äusserst schwach eingestellt ist. Man fühlt dann meistens ein leicht juckendes Prickeln. Das Kitzelgefühl ist hier lange nicht so intensiv wie bei Berührung, aber doch deutlich. Auch excentrisch kann durch schwache Ströme höchst deutlich Kitzel erzeugt werden; dies muss ebenfalls behufs Regulirung der Stromstärke mit einem Gehilfen ausgeführt werden und es ist eine kleine Electrode zu wählen.

Noch eine andere Erscheinung ist anzuführen, welche dafür spricht, dass der Kitzel der schwächsten Erregung des Endorgans oder der Faser entspricht. Sticht man nämlich mit einer Nadel oder einem spitzen Hölzchen in irgend einen Punkt der Haut ein, so ist unmittelbar darauf selbst nach mässigem Druck in einem gewissen Umkreis die Haut unfähig, Kitzel wahrzunehmen. Der Umkreis wächst mit der Stärke des angewendeten Druckes, ebenso hängt hiervon sowie von der individuellen Disposition der Hautregion für Kitzelreize die Länge der Zeit ab, bis die Anästhesie verschwindet. Dies geschieht allmälig. Diese „excentrische Anästhesirung“ erstreckt sich nun auch auf den Tastsinn; jedoch wird die Tastempfindlichkeit in geringerem Grade, geringerer Ausdehnung und auf kürzere Zeit abgestumpft. Endlich wird auch das Schmerzgefühl etwas beeinträchtigt; hierzu muss man starke centrale Reize anwenden und am besten vorher strahlenförmig Schmerzpunkte fixiren. Am prägnantesten sind die Erscheinungen zu beobachten, wenn man nicht einen centralen Reiz anwendet, sondern ein Viereck durch starke Striche mit einem spitzen Hölzchen abgrenzt und dann sofort in demselben die Prüfungen vornimmt. Die excentrische Anästhesirung ist wohl wahrscheinlich ein centraler Vorgang; es ist nicht gut denkbar, dass der peripherische Reiz in einem so grossen Umkreis auf die Nervenenden oder Nervenfasern wirken sollte; viel plausibler muss es erscheinen, dass durch den betreffenden Reiz eine centrale Erregung von Ganglienzellen oder Leitungsbahnen von einer gewissen nachdauernden Wirkung gesetzt ist, welche das Eintreten schwächerer Erregungen über die Bewusstseinsschwelle verhindert. Da es nach den Munk'schen Versuchen höchst wahrscheinlich ist, dass die Bewusstseinscentren der Hirnrinde in ähnlicher Weise räumlich angeordnet sind wie die peripherische Sinnesfläche,

so ist es auch verständlich, dass die ermüdende Wirkung sich auf einen gewissen Umkreis erstrecken kann. Für die Auffassung der Erscheinung als centralen Vorgang spricht auch die Umkehrung des Versuches: Streicht man sehr leise über ein Gebiet der Haut, so dass ein nachdauerndes Kitzelgefühl entsteht, und reizt nun im Centrum der Stelle auch nur mässig einen Punkt, so ist in demselben Moment das nachdauernde Gefühl verschwunden. Zweifellos beruht hierauf die Wirkung des Kratzens beim Jucken. — Erwägt man nun, dass in Bezug auf die excentrische Anästhesirung gewissermaassen eine Stufenleiter zwischen Kitzel-, Tast- und Schmerzempfindung besteht, jene am meisten, diese am wenigsten beeinträchtigt wird, so kann dies nur die Ansicht unterstützen, dass das Kitzelgefühl dem schwächsten Erregungszustande der Tastner ven entspricht. Es folgt hieraus zugleich, dass das Schmerzgefühl durch den stärksten Erregungszustand der Tastnerven zu Stande kommen müsse. Es ist dies bekanntlich überhaupt die gewöhnliche Vorstellung und die Annahme besonderer Schmerznerven hat sehr viel gegen sich, worauf hier nicht eingegangen werden kann; die Schmerzlähmung führt man auf die Trennung der medullaren Leitungen zurück.

Wie verhält sich nun hierzu das Factum der Schmerzpunkte? — Diese stellen keineswegs die Nervenendigungen besonderer Schmerznerven dar, sondern entsprechen ebenfalls Tastnervenenden. Hierfür sprechen schon die erwähnten Uebergangsformen, die Punkte, bei denen das Tast- und Druckgefühl nur bis zu einem geringen Grade zu Stande kommt und dann in intensives Schmerzgefühl übergeht; ferner die Möglichkeit des Kitzel- und Berührungsgefühles an den Schmerzpunkten. Will man nicht die gekünstelte Erklärung machen, dass hier zwei sensible Punkte zugleich gereizt sind, so muss man annehmen, dass ein Punkt eine sehr unentwickelte Tast- und sehr bedeutende Schmerzempfindlichkeit besitzen kann.

Wir sind somit gezwungen, den Tastnerven drei verschiedene Empfindungsqualitäten beizulegen: Kitzel-, Tasst-, Schmerzempfindung, von denen es für die letztere höchst wahrscheinlich ist, dass sie der Ueberleitung des Erregungszustandes auf einen anderen centralen Leitungsweg, nämlich die graue Substanz des Rückenmarks, entspricht. Das Kitzelgefühl kommt nun durch den schwächsten Reiz und Erregungszustand zu Stande. Als adäquater Reiz für die Tastnerven, welche doch auf mechanische Reizung eingerichtet sind, kann nur der schwächste mechanische Reiz angesehen werden. Denn wenn der mechanische Reiz auch zu den allgemeinen Nervenreizen gehört, so wird er doch eben durch den Grad hier zu einem specifischen; der motorische Nerv

reagirt erst bei Belastung von mehreren Grammen, Tastempfindung tritt an der Stirn schon durch Belastung mit 0,02 g ein; die Berührung, welche die Tastnerven eben zu erregen im Stande ist, erregt die Temperaturnervenenden noch nicht. Sonach müssen wir das Kitzelgefühl als die eigentliche specifische Empfindung der Tastnerven ansprechen, wie sie durch den adäquaten Reiz producirt wird: die Tastnerven haben Endorgane, welche die schwächsten mechanischen Reize aufnehmen und die Faser dadurch in einen Erregungszustand versetzen, welcher als Kitzel wahrgenommen wird. Gerade das Kitzelgefühl hat die längstdauernde Nachempfindung und man würde es nicht verstehen können, wie diese gerade bei der schwächsten Reizung eintreten kann, wenn nicht der Kitzel die specifische Empfindung der Tastfaser wäre und der ihm entsprechende Erregungszustand gewissermaassen der typische.

Erreicht nun die Erregung der Tastfaser eine gewisse Stärke, so scheint es, dass die Kitzelempfindung unterdrückt wird und die weniger qualificirte körnige Tastempfindung eintritt. Die Höhe der Erregung, bei der dies stattfindet, ist an den verschiedenen Druckpunkten verschieden; besonders niedrig ist sie an den Tastballen, so dass hier die Breite der Scala der Tastreize, kurz gesagt die Tastbreite, besonders gross ist. Das Kitzelgefühl ist an diesen Stellen viel geringer als an anderen mit geringerer Tastfeinheit behafteten; schwache Reize, die auf intermediären Tastflächen, z. B. Handteller, deutlich Kitzel hervorbringen, machen an den Fingerbeeren schon vorwiegend Tastgefühl. — Wird der Erregungszustand ein noch höherer, so durchbricht er die Zellennetze der grauen Substanz und es erfolgt Schmerzempfindung. An den Druckpunkten nun scheinen die dort endigenden Tastnerven so adaptirt zu sein, dass selbst stärkere Reize immer noch einen mässigen Erregungszustand hervorbringen, welcher noch nicht die Schmerzgrenze erreicht. Dagegen muss man von den Schmerzpunkten annehmen, dass hier Vorrichtungen sich befinden, durch welche schon geringere Reizungen einen die Schmerzgrenze erreichenden Erregungszustand produciren. Die Tastbreite ist also hier auf ein Minimum zusammengeschrumpft, zum Theil ganz ausgefallen, die Kitzelbreite häufig vorhanden, aber auch verkürzt, die Schmerzbreite in jedem Falle bedeutend vergrössert.

Allein auch wenn man eine derartige Einrichtung der Endorgane annimmt, so hat man zur Erklärung der Qualitäten und der beschriebenen Phänomene noch keine genügende Basis gewonnen. Kitzelgefühl zwar und Tastgefühl gehören schliesslich einer Qualität an und man kann sie sich als blos graduell verschieden sehr wohl vorstellen; dagegen ist die Qualität der Empfindung, wie sie bei Reizung der Druck-

punkte entsteht, von derjenigen innerhalb der Areolen grundverschieden, und diese Verschiedenheit von den peripherischen Endapparaten ableiten zu wollen, würde gegen die Lehre von den specifischen Energieen sein: dazu kommt, dass die Empfindung an den typischen Druckpunkten, auch wenn der mechanische Reiz ein solcher ist, dass er als allgemeiner Nervenreiz wirken müsste, immer noch die specifische Druckempfindung ist, gänzlich verschieden von der bei intraareolärer Reizung entstehenden, obwohl doch hierbei der Einfluss des Endorgans ausgeschaltet ist. Dieses Factum führt mit Nothwendigkeit dazu, für die Druckpunkte ein specifisches Fasersystem anzunehmen. Ich mache mir demgemäss von den Gefühlsnerven der Haut folgende theoretische Vorstellung: Die sensible Hautnervenfaser gabelt sich auf dem Wege zur Hirnrinde in Hinterstrangbahn und Bahn durch die graue Substanz. Die Hinterstrangbahn giebt zwei Qualitäten: bei schwächstem Erregungszustand Kitzel, bei stärkerem die Empfindung eines stumpfen schmerzlosen Stiches; die Bahn durch die graue Substanz giebt stechenden Schmerz. Während die so eingerichteten Nervenfasern sich über die Haut hin verbreiten, giebt es ausser ihnen noch besondere Tastfasern im engeren Sinne. Diese geben ebenfalls bei schwachem Erregungszustande Kitzel, jedoch ungleich intensiver als jene; bei stärkerem das körnchenartige, wohl qualificirte Tast- und Druckgefühl; bei stärkster Erregung wird die Bahn durch die graue Substanz durchbrochen und es tritt Schmerz ein. Diese Tastfasern verlaufen, wenn auch wahrscheinlich beliebig untermischt mit den allgemeinen, so doch vom Centrum bis zur Peripherie gesondert; ihre Enden sind an der Hautsinnesfläche in der beschriebenen Weise und wahrscheinlich in exponirterer Lage angeordnet und mit Endapparaten versehen. Letztere sind so eingerichtet, dass sie schwächste mechanische Reize schon auf die Nervenfaser übertragen und zugleich gegen starke mechanische Insulte dieselbe schützen, gleichsam als Dämpfungsapparate fungiren — was man sich sehr wohl vereinigt vorstellen kann. Durch diese Einrichtung ist diese Kitzelbreite nach unten, und die Tastbreite nach unten und oben vergrössert. Für die Schmerzpunkte bedürfen wir keiner specifischen Fasern; vielmehr sind diese so aufzufassen, dass Fasern der allgemeinen Art ihre Endigungen in besonders exponirter Lage haben und deshalb sehr leicht von den geringsten Reizen insultirt und in einen relativ hohen Erregungszustand versetzt werden. Hierfür spricht der Umstand, dass man Schmerzpunkte analgetisch machen kann. Fixirt man solche auf einer geeigneten Hautstelle und übt vielleicht eine Minute lang einen ziemlich starken Druck auf die Stelle aus, so geben jetzt die Schmerzpunkte bei leichter und mässiger mechanischer Reizung nicht mehr die lancinirende Schmerzempfindung, sondern ein

stichartiges mattes Gefühl wie ein Punkt innerhalb der Areole. Die Uebergangsformen kann man sich als besonders exponirte Tastfasern mit ungenügend schützenden Endorganen vorstellen oder überhaupt als Uebergangsformen zwischen allgemeinen und Tastnerven im engeren Sinne. Denn die Specifität der letzteren ist schliesslich eine derartige, dass man sie sehr wohl mehr als eine Differenzirung der allgemeinen Tastfasern bezeichnen kann, und es kann sehr gut solche Tastfasern geben, welche nicht in vollem Umfange au dieser Differenzirung Theil genommen haben. — Immerhin könnte es noch auffallen, dass ausgesprochene Druckpunkte auch bei starker Reizung in so besonders geringem Grade schmerzhaft sind, und man kann sich vielleicht denken, dass die ihnen zugehörenden Tastfasern in Folge der dämpfenden Function der Endapparate im Allgemeinen an einen nur mittleren Erregungszustand gewöhnt sind und dass, da ungewohnte Nervenbahnen schwerer, gewohnte leichter eingeschlagen werden — (Uebung) —, die Hinterstrangbahn bei ihnen überhaupt vorzugsweise benutzt wird, und mehr, als es streng nach der Stärke des Erregungszustandes der Fall sein sollte. — Es ist endlich sehr wahrscheinlich, dass die intraareolären Nervenfasern je eine grössere Fläche versorgen, während die circumareolären sich nur einer beschränkten Anzahl von Punkten zuwenden. Ein solches Verhalten würde manche Unterschiede der Empfindung erklären, z. B. das pelzige Gefühl. Keineswegs jedoch könnte man daraus die ganzen Verschiedenheiten der Qualitäten ableiten. — Sehr gut könnte man sich die Pacini'schen Körperchen als Endorgane der Druckpunkte denken, und es wäre interessant, wenn man von ihnen eine areoläre Anordnung nachweisen könnte.

Es erübrigt noch, einen integrirenden Bestandtheil der Specifität der Tastempfindungen zu betrachten, nämlich die Ortsempfindung. — Man erhält mit der Qualität der Tastempfindung zugleich ein mehr weniger bestimmtes Gefühl des Ortes der Reizung. Dieses Gefühl beruht darauf, dass sich die verschiedenen Tastempfindungen der verschiedenen Fasern durch Merkmale von einander unterscheiden; auf diesen Merkmalen, Localzeichen, beruht auch die Fähigkeit zwei Tastempfindungen überhaupt zu unterscheiden, doppelt zu fühlen. Bekanntlich ist diese Fähigkeit abhängig von der Entfernung der beiden gereizten Punkte von einander und an den Hautregionen verschieden ausgebildet. Wenn wir die Druckpunkte als die eigentlichen Träger der Tastempfindungen kennen gelernt haben, so liegt es sehr nahe, speciell auch ihren Ortssinn zu prüfen, und da ergeben sich Resultate, welche von den seit Weber hergebrachten Vorstellungen wesentlich abweichen. Die Erscheinungen sind nämlich ganz entsprechend denjenigen, wie wir sie früher

von den Temperaturpunkten kennen gelernt haben. Man findet an Hautregionen, welchen nach Weber ein ganz grobes Unterscheidungsvermögen zukommt, eine ganze Anzahl von Punkten, welche in äusserst kleinen Distanzen doppelt gefühlt werden können. Den Druckpunkten kommt ein ungleich feineres Unterscheidungsvermögen zu, als die Weber'schen Messungen vermuthen lassen, und selbst an den empfindlichsten Tastflächen giebt es Punkte — es war bereits nachgewiesen, dass auch hier Druckpunkte erster Ordnung in areolärer Anordnung existiren —, welche ein viel distincteres Unterscheidungsvermögen besitzen, als sonst von den entsprechenden Flächen bekannt ist.

Das Distanzenminimum, bei welchem manche Druckpunkte schon deutlich doppelt gefühlt wurden, beträgt nach meinen bis jetzt gemachten Beobachtungen:

	mm	Abstand der Zirkelspitzen nach Weber: mm
Rücken	4—6	24—30
Brust	0,8	20
Wange	0,4—0,6	5
Stirn	0,5—1	10
Oberarm, Beugefläche	0,6—0,8	30
Unterarm, „	0,5	18
„ Streckfläche	1	
Handrücken	0,3—0,6	14
Handteller	0,1—0,5	5
Dorsalfläche der Nagel-Phalanx	0,3—0,5	3
Volarfläche der 1. und 2. Phalanx	0,2—0,4	2
Volarfläche der Nagel-Phalanx	0,1	1
Oberschenkel	3	30
Unterschenkel	0,8—2	18
Fussrücken	0,8—1	18
Fusssohle	0,8	7

Uebrigens wird meist auch das gegenseitige Lageverhältniss der Punkte mit auffallender Deutlichkeit wahrgenommen; dieselben zeigen also nicht blos eine ausgeprägte Unterschiedsempfindlichkeit, sondern auch hervorragendes Ortsgefühl. — Ich bemerke jedoch ausdrücklich, dass immer nur ein Theil der Druckpunkte in diesen Minimaldistanzen doppelt gefühlt wird, und zwar, wie es scheint, die am ausdrucksvollsten qualificirten.[1]) — Ich stelle die Untersuchung in folgender Weise an: An einer umschriebenen Stelle werden die Druckpunkte aufgesucht und

[1]) Es schien mir, dass zwei, verschiedenen geschwungenen Druckpunktlinien angehörende Punkte um vieles deutlicher zu unterscheiden sind, als zwei derselben Linie, namentlich an den Ecken, wo zwei Linien zu einer areolären Figur zusammentreten.

bezeichnet. Nachdem die Stelle ausgeruht ist, setzt ein Gehilfe die Spitzen eines aus Nadeln bestehenden Zirkels senkrecht und leicht innerhalb der Stelle auf und wechselt nach Belieben zwischen Druckpunkten und Zwischenhaut ab. Nach jedem Aufsetzen wird vom Untersuchten angesagt, was er fühlt. Sind die Druckpunkte gut bestimmt, so wird man sie sehr häufig bei den kleinsten Distanzen doppelt fühlen, nie dagegen entsprechend Punkte der Zwischenhaut; hier und da kommt letzteres einmal vor und dann zeigt sich, dass die Nadeln zwar nicht auf Druckpunkten, aber in Areolenlinien standen, wahrscheinlich also auf übersehenen Druckpunkten. Zuweilen mit unterlaufende mechanisch erregte Temperaturempfindungen, welche leicht ein Doppelfühlen des Tasteindruckes vortäuschen können, müssen ausgesondert werden. Ebenso wurden gleichzeitige Erregungen eines Druckpunktes und eines Schmerzpunktes, welche gleichfalls leicht Doppelempfindungen machen, nicht mit berücksichtigt. — Auch die intraareolären Punkte haben Ortssinn und locale Unterschiedsempfindlichkeit, welche entsprechend ist den bekannten Weber'schen Bestimmungen —, die übrigens bei Anwendung eines spitzen Zirkels sich hier und da auf geringere Werthe reduciren.[1])

Die angeführten Messungsresultate sollen durchaus noch nicht abgeschlossene Untersuchungen über diesen Gegenstand darstellen, sondern nur ein Bild davon geben, in wie enormer Weise die Unterschiedsempfindlichkeit der Druckpunkte ausgebildet ist und wie dieselbe in einem gewissen Verhältniss steht zu der Tastempfindlichkeit und der Anzahl der Druckpunkte je einer Region. Es geht weiter aus ihnen hervor, dass die Weber'sche Anschauung nicht mehr festzuhalten ist. Diese besagte, dass in der Haut anatomische Empfindungskreise existiren, welche je nach dem Nervenreichthum der Stelle von kleinerem oder grösserem Umfange seien; ein Empfindungskreis entspricht dem Endgebiet einer Tastnervenfaser. Eine Faser kann nur einen Eindruck gleichzeitig dem Hirn übermitteln; werden zwei verschiedene Empfindungskreise getroffen, so werden dem Centralorgan demnach zwei Erregungen zugeführt, welche jedoch erst dann als gesondert aufgefasst werden können, wenn eine gewisse Anzahl von Empfindungskreisen dazwischen liegen, wenn — wie Funke sagt — Glieder der Reihe vermisst werden. So stellt sich die Feinheit des Ortssinnes gewissermaassen dar in einer Verhältnisszahl, welche angiebt, wieviel anatomische Empfindungskreise in einem physiologischen je enthalten sind. Nach dieser Theorie erklärten sich auch die Verfeinerung des Ortssinnes durch Uebung (Volkmann) und die Vierordt'schen Beobachtungen von

[1]) Ich benutze zu den Messungen einen von Dörffel in Berlin angefertigten Tasterzirkel, welcher Ablesungen bis auf Zehntel-Millimeter gestattet.

dem Zusammenhang des Ortssinnes mit der Beweglichkeit des Gliedes resp. des betreffenden Abschnittes.

Wir haben dem gegenüber gefunden, dass es gewisse Punkte giebt, welche ein ungleich feineres Ortsgefühl haben, als die nächste Umgebung. Eine räumliche Coordination von anatomischen Empfindungskreisen kann somit nicht existiren, die Unterschiedsempfindlichkeit beruht nicht auf einer unbewussten Conclusion, dass Glieder einer fortlaufenden Reihe ausgefallen seien: sondern die Punkte der feinsten Erregbarkeit und ausdrucksvollsten Qualität besitzen zugleich eine specifische Färbung, welche ebenso unmittelbar in das Bewusstsein tritt, wie die Qualität selbst, und einen integrirenden Bestandtheil dieser und der specifischen Energie überhaupt bildet; diese den Punkten anhängende Eigenschaft verleiht denselben einen ganz besonders distincten, bei den verschiedenen Punkten wieder verschieden ausgebildeten Ortssinn, man könnte dieselben nach dieser Richtung hin geradezu als Ortspunkte bezeichnen. — Es liegt deshalb nahe anzunehmen, dass diese Druckpunkte anderen Nervenfasern angehören als die Endigungen innerhalb der Areolen, und dass doppelt empfunden wird, sobald Druckpunkte erregt werden, die zwei verschiedenen Fasern angehören. Danach würden wir ein doppeltes System von sensiblen Hautnerven bekommen, welche beide mit einem differenten Ortssinn begabt wären: so zwar, dass das intraareoläre System einen nach der Weber'schen Theorie sich verhaltenden Ortsinn besässe, während das den Druckpunkten angehörende System sich so verhielte, dass je verschiedenen Nervenfasern zugehörige Erregungen gesondert empfunden werden. Die Complicirtheit einer solchen Annahme ist nur eine scheinbare und löst sich, wenn man erwägt, dass die Unterschiedsmerkmale zweier Empfindungen um so leichter aufzufassen sind, je ausgeprägter der sinnliche Eindruck derselben ist. Es concurriren also zwei Bedingungen zur Doppelempfindung: einmal die Erregung verschiedener Fasern und andererseits die genügende Qualificirung der Empfindungen. Da nun die Qualität des Gefühls innerhalb der Areolen eine viel stumpfere ist als auf den Druckpunkten und ausserdem es wahrscheinlich ist, das die intraareolären Fasern sich je über grössere Flächen vertheilen als die circumareolären, so wird es hieraus verständlich, dass die Unterscheidungsfähigkeit der intraareolären Eindrücke eine so viel geringere ist. Danach würde der Ortssinn der intraareolären Punkte in demselben Verhältniss stumpfer sein, als der sinnliche Eindruck matter ist im Vergleich zu demjenigen der Druckpunkte. — So sind wir, vom Ortssinn ausgehend, auf dasselbe Postulat differenzirter Tastfasern zurückgekommen, zu dem wir oben bereits bei Besprechung der blossen Qualitäten geführt wurden. Die

Annahme, dass Gefühlsnerven überhaupt nur an den Druckpunkten vorhanden seien und das Gefühl in den Areolen durch Fortleitung der Erregung zu Stande komme, ist abgesehen von den Erscheinungen des Ortssinnes schon deshalb unmöglich, weil in den Areolen leichter Schmerz entsteht als auf den Druckpunkten.

Der Ortssinn der Druckpunkte ist ebenfalls an den verschiedenen Körperstellen in verschiedenem Grade ausgebildet; es zeigt sich dies einmal darin, dass die Minimaldistanzen grösser werden, dann, dass die Anzahl der Punkte, welche in der Minimaldistanz doppelt gefühlt werden können, geringer wird. Der Grund hiervon ist zu suchen einerseits in der oben erwähnten verschiedeneu Dichtigkeit der Druckpunkte an den Körperregionen, anderseits in der ebenfalls regionär verschiedenen Ausbildung der Qualität und damit der Merkmale. Man kann annehmen, dass mit der Abnahme der circumareolären Fasern auch die der intraareolären Hand in Hand geht und so das allgemeine Ortsgefühl an den Verschiedenheiten der Ortspunkte Theil nimmt.

Die Weber'schen Ergebnisse, welche das allgemeine Ortsgefühl der Haut darstellen, erklären sich wohl dadurch, dass die abgestumpften Spitzen des Zirkels Druckpunkte zusammen mit intraareolären Stellen treffen und dadurch die speciell den Punkten anhaftenden ortsunterscheidenden Fähigkeiten, welche nur bei distincter Reizung derselben in ihrer ganzen Schärfe hervortreten, abgeschwächt werden. Prüft man mit Nadeln nach der Weber'schen Weise ohne vorherige Fixirung der Druckpunkte den Ortssinn, so müsste man a priori annehmen, dass man zuweilen durch Zufall zwei Druckpunkte scharf trifft, und daher bei verschiedenen relativ geringen Distanzen doppelt fühlt, — und man kann sich leicht durch den Versuch überzeugen, dass dies in der That der Fall ist.

Der Tastsinn bietet nach diesen Erörterungen die merkwürdige Eigenschaft dar, dass für das Ortsgefühl eine viel feiner ausgebildete Basis vorhanden ist, als wir sie im Allgemeinen in Gebrauch ziehen und überhaupt gebrauchen können. Es scheint hier ein über die Grenzen der Zweckmässigkeit hinausgehender Pleonasmus zu herrschen. Aber wie unsere Haut eingerichtet ist, können wir eine distincte Anwendung unserer Druckpunkte im täglichen Leben eben nicht machen; die Eindrücke sind viel zu breit und es theilt sich ihnen nur der feine Ortssinn der Punkte in gewisser Weise mit. Die dadurch erfolgende Abstumpfung des Ortsgefühls muss aber wohl eine so bedeutende sein, dass ihr eine so differenzirt ausgebildete Einrichtung entsprechen muss. Wenn wir aus der bei den gewöhnlichen Tasteindrücken uns zugehenden Summe von Nervenerregungen diejenigen der Druckpunkte schärfer heraussondern könnten, als es der Fall ist, so würde nach der anatomisch-

physiologischen Grundlage unser Ortsgefühl in bedeutender Weise verfeinert werden können; es liegt nach Analogieen sehr nahe anzunehmen, dass eine solche Uebung der centralen Ganglienzellen in der That möglich ist. Dadurch würde sich in bequemer Weise erklären: die von Volkmann hervorgehobene Thatsache, dass die Raumschwelle sich durch methodische Untersuchungen in wenigen Stunden bis auf die Hälfte verfeinert und dass sich der Erfolg dieser Uebung an einer bestimmten Hautstelle auch auf die symmetrische Stelle der anderen Seite erstreckt; ferner die Beobachtung von Funke, dass am Rücken nur geringe Verfeinerungen durch Uebung zu erzielen sind — wo ja, wie wir gesehen haben, eben die Druckpunkte relativ weit verstreut liegen; die Valentin'sche Beobachtung, dass bei verschiedenen Personen an denselben Hautstellen die Raumschwelle eine verschiedene, das relative Verhältniss der einzelnen Stellen jedoch ein gleiches ist; endlich die bekannte enorme Verfeinerung des Tastsinnes bei Blinden. — Ich zweifle nicht, dass diese Auffassung völlig im Einklang steht mit dem von Du Bois-Reymond[1]) so klar entwickelten Begriff der Uebung. Denn auch in seinen Beispielen handelte es sich schliesslich darum, aus zwei ähnlichen Summen von Nerverregungen (bei den Sinnesnerven) differente Erregungen einzelner herauszuerkennen; und wenn man — wie auch Du Bois-Reymond hervorhebt — bisher aus der Möglichkeit der Uebung des Ortssinnes den Schluss gezogen hat, dass eine rein anatomische Erklärung der Gefühlskreise nicht möglich sei, so ist in dem Mitgetheilten gezeigt, dass die anatomische Grundlage eben mittels der Ortspunkte ein viel feiner entwickeltes Ortsgefühl zulässt, dass dieses jedoch durch die Mechanik des Tastreizes eine Abstumpfung erleidet, welcher nun durch die Uebung entgegengearbeitet werden kann — die gewissermaassen central das wieder gut zu machen sucht, was an der Peripherie gesündigt wurde.

Durch sehr simple Versuche kann man sich von der Wahrheit der entwickelten Anschauung überzeugen. Allerdings fühlen wir eine Fläche flächenhaft, indem die Druckpunkte miteinander verschmolzen und die „blinden" intraareolären Stellen durch das dort entstehende stumpfe Gefühl ausgefüllt werden. Hat man sich jedoch erst etwas in der Wahrnehmung der Druckpunkte geübt, so kann man dieselben aus den flächenhaften Eindrücken leicht herauserkennen und sich überzeugen, dass lediglich sie Gestalt und Form, Beschaffenheit und Druck des Objects uns verrathen. — Um bei dem einfachsten anzufangen, so ist es nicht schwierig, durch ein Object von lineärer Gestalt Doppelempfindungen hervor-

[1]) Ueber die Uebung. Rede.

rufen, wenn von demselben zwei unterscheidungsfähige Druckpunkte getroffen werden. Man kann aus Zahnstochern solche Objecte mit einem schmalkantigen, 0,5—3,0 mm langen Aufsatzende sich leicht herstellen. An den Fingerbeeren genügt eine Kante von 0,5—1,0 mm Länge, am Unterarm 2,0 mm. Man muss die Länge möglichst gering nehmen, da sonst das blinde Interstitium durch das stumpfe Druckgefühl leichter ausgefüllt wird. An den Fingern ist die Duplicität am deutlichsten bei leichter Berührung; an weniger empfindlichen Tastflächen tritt sie erst bei mässigem Druck auf; verstärkt man letzteren, so verschwindet das doppelte Gefühl häufig, um einem flächenhaften Platz zu machen, in welchem sich die Punkte blos besonders hervorheben; bei ganz starkem Druck tritt dann aber nicht selten die Doppelempfindung mit grosser Deutlichkeit hervor. — Sollte vielleicht nicht der sogenannte „Vexierversuch“ [1]), d. h. die Beobachtung, dass bei Raumsinnprüfungen an der Haut zuweilen bei einfachem Reiz eine Doppelempfindung angegeben wird, zum Theil hierauf beruhen? Besonders da die Entfernung der empfundenen Punkte meist grösser erscheint, als sie wirklich ist? —

Weiter aber überzeugt man sich, dass wir die Objecte mit unserem Tastsinn überhaupt nicht so wahrnehmen, wie sie sind, sondern wie sie sich in unserem praeformirten Tastapparat „spiegeln.“ Die „Localzeichen“ sind eben nicht gleichmässig über die Haut hin ausgestreut, sondern in einem areolären, aus distincten Punkten bestehenden System. Eine Ortsvorstellung des Objects bekommen wir daher blos an den Stellen desselben, wo es die Areolen kreuzt. Bei grossen Flächen macht dies nichts aus, wohl aber bei kleinen. Die Gestalt einer kleinen berührenden Fläche erkennen wir einigermaassen richtig nur an den Fingerbeeren, wo die Areolen sehr winzig sind; an allen anderen Stellen hängt der Eindruck, den wir von der Gestalt bekommen, ganz davon ab, welches Lageverhältniss das Object zu je einer Areole einnimmt. Nun kommt dazu, dass, wie es scheint, meistens die Localzeichen in den Grenzen einer Areole so angeordnet sind, dass die totale Berührung einer Areolenlinie auch als gleichsinnig gekrümmte Linie wahrgenommen wird. Wenn wir demnach z. B. ein lineäres gekrümmtes Object haben, dessen Krümmung der einer Areolenlinie gerade entspricht — ich nehme dazu durchschnittene Federposen —, so erscheint uns dasselbe gekrümmt, sobald es auf die Areolenlinie aufgesetzt wird; lässt man es nun langsam vorrücken, so fällt die Mitte intraareolär, und wir fühlen auch in der That keine Krümmung, sondern nur Druckpunkte an den Ecken oder eine gerade Linie; tangirt das Object mehrere Areolenlinien, so

[1]) W. Camerer, Versuche über den Raumsinn der Haut. Zeitschrift für Biologie. XIX. 2. 1883. S. 280.

kann es vorkommen, dass es im umgekehrten Sinne gekrümmt erscheint oder dreieckig etc. Aehnlich verhält es sich mit einem geschlossenen kantigen Kreis oder Oval. Das Bild, welches wir erhalten, hängt immer davon ab, einmal wieviel Druckpunkte von der Objectlinie durchschnitten werden, und dann, wie sich diese Punkte in die Areolen einordnen. Nimmt man ein flächenhaftes Object, z. B. ein kleines Oval von Holz, welches einer aufgezeichneten Areole entspricht, und lässt dasselbe langsam gegen die Areole vorrücken, so kann man mit grösster Deutlichkeit bemerken, wie zuerst nur eine Kante des Objects wahrgenommen wird, dann ein Halbmond, ein Stück, schliesslich bei Deckung der Areole eine ungefähre Wahrnehmung des Ovals eintritt und schliesslich wieder nur die entgegengesetzte Kante erscheint. Hat man sich hierin erst geübt, so überzeugt man sich auch ohne Fixirung von Druckpunkten, dass derartige Objecte eigentlich bei jeder Verschiebung anders erscheinen, dass jedoch dieselben Bilder immer wiederkehren; Länge, Breite, Contour, Glätte wechseln. Aus diesem Verhaltniss erklärt sich auch, dass wir beim Tasten die Tastflächen verschieben — um die Objecte mit ihrer ganzen Face durch das areoläre Netz hindurchzuschieben; wären die Localzeichen gleichmässig angeordnet, so würde dies nicht nöthig sein. — Am geeignetsten zu den beschriebenen Versuchen erschien mir die Volarfläche der Hand mit Ausnahme der Fingerbeeren und das unterste Drittel des Unterarmes. Diese Untersuchungsmethode, die Spiegelbilder der Objecte in dem areolären System zu prüfen, ist der mannigfachsten anziehendsten Variationen fähig und dürfte noch weitere interessante Aufschlüsse über den Raumsinn der Haut geben. Ich wollte diese noch unvollständigen Mittheilungen nicht zurückhalten, weil sie beweisen, dass wir nicht den Gegenstand, sondern unsere Druckpunkte wahrnehmen, dass aber durch die Mechanik des Tastreizes und die Vermischung der Empfindungen das feine Ortsgefühl der Druckpunkte abgestumpft, verwischt wird und wir gewohnheitsmässig die Erregung der Druckpunkte nicht scharf aus der Summe der Erregungen absondern, dass wir jedoch dies durch Uebung verbessern können.

In Wirklichkeit kann nun die Abstumpfung der Ortspunkte nur als zweckmässig angesehen werden, denn wenn wir dieselben mit präciser Schärfe wahrnehmen würden, so würden uns ja die Objecte in der That völlig anders erscheinen, als sie sind.

Die ganze Einrichtung des Tastapparates zeigt somit wieder auf das schärfste, wie wenig unsere Sinneswerkzeuge „Siebe“ für die Aussenwelt sind, sondern vielmehr Signalapparate, deren wir uns mit einer wunderbaren, aber doch unvollkommenen Virtuosität bedienen und deren Anzeigen wir unmittelbar auf die Aussenobjecte übertragen.

4.

Die specifischen Functionen der Nerven der Haut.

8. internationaler Congress zu Kopenhagen, August 1884. Bd. III. S. 25.

Johannes Müller hat zuerst den Gedanken ausgesprochen, dass wir nicht die Eigenschaften der Objecte als solche wahrnehmen, sondern die specifischen Qualitäten unserer Sinnessubstanzen. Durch Helmholtz ist diese Lehre von den specifischen Energieen der Sinnesnerven bei den Fasern der Gehörschnecke dahin erweitert worden, dass jeder Primitivnervenfaser, resp. jeder Ganglienzelle eine specifische unabänderliche Qualität der Empfindung zukommt. Diese Lehre hat bei manchen Sinnesorganen noch bedeutende Schwierigkeiten und nicht zum wenigsten bei der Haut. Jedoch auch das Hautsinnesorgan verhält sich nach den von Blix und mir unabhängig von einander angestellten Untersuchungen dieser Lehre entsprechend.

Der Temperatursinn ist nicht gleichmässig über die Hautfläche verbreitet, sondern in bestimmten Punkten localisirt; und zwar empfindet ein Theil dieser Punkte nur Kälte — Kältepunkte, ein anderer Theil nur Wärme — Wärmepunkte. Dieselben sind theils in Gruppen, theils in Linien angeordnet und diese Linien umgeben gewöhnlich rundliche, elliptische, ovale Stellen, welche vollkommen anästhetisch gegen Temperatureindrücke sind. Die Anordnung der Punkte ist eine areoläre. Häufig complementiren sich die Kälte- und Wärmepunkte gegenseitig an ihrer Anordnung, so dass die einen in Lücken der anderen eintreten. An manchen Stellen der Haut überwiegen die Kältepunkte, an manchen die Wärmepunkte, an anderen halten sie sich das Gleichgewicht. An den Regionen des feinsten Tastgefühls treten dieselben auffallend zurück. Die Punkte sind mit verschiedenartiger Intensität der Empfindung begabt und die einen schon durch schwache, die anderen erst durch stärkere Reizgrade zu erregen. Auffallend ist der feine Ortsinn der Temperaturpunkte, welche

in viel geringeren Distanzen zu unterscheiden sind, als die Weber'schen Messungen für das Tastgefühl der entsprechenden Regionen vorschreiben.

In den Kältepunkten ist durch mechanische Erregung Kältegefühl, in den Wärmepunkten Wärmegefühl zu produciren. Der Versuch, sowie die folgenden sind so auszuführen, dass bei abgewandten Augen des Untersuchten von einem Gehilfen mittelst einer Nadel oder eines spitzen Hölzchens leichte Stösse auf und zwischen die vorher mit Farbe bezeichneten Temperaturpunkte ausgeübt werden und der Untersuchte jedesmal angiebt, was er fühlt. Manche Punkte sind leicht, manche schwerer zu erregen. Die Auffassung des punktförmigen Kälte- und Wärmegefühls, welches uns völlig ungewohnt ist, ist zuerst sehr schwierig und verfeinert sich sehr schnell durch die Uebung.

In entsprechender Weise reagiren die Temperaturpunkte auf den electrischen Reiz in ihrer specifischen Empfindung. Es sind schwache faradische Ströme und Nadel-Electroden anzuwenden.

Auch durch electrische Erregung der Empfindungsnerven in ihrer Continuität sind excentrische Temperaturgefühle zu produciren. Man muss äusserst starke, eben noch zu ertragende Ströme und als Electrode einen Metallstift anwenden. Excentrisches Kältegefühl ist häufiger zu produciren als Wärmegefühl. Die Electrisation der Temperaturnerven gelingt nicht überall am Nervenstamm, sondern nur an gewissen Punkten, wo die Temperaturnerven vielleicht besonders günstig liegen. Das excentrische Temperaturgefühl nimmt meist einen kleineren peripherischen Bezirk ein als das gleichzeitige Prickeln, die Erregung der Gefühlsnerven. — In entsprechender Weise ist mir auch die mechanische Erregung der Temperaturnerven in ihrer Continuität an bestimmten Stellen mittelst Compression durch Kork gelungen.

In den Temperaturpunkten wird weder Berührung noch Schmerz empfunden. Auch bei Electrisirung verhalten sich dieselben analgetisch. Ebenso bei Application punktförmiger starker Hitzereize, welche in der Umgebung Schmerz, auf den Punkten keinen erregen. Zu diesen Versuchen ist äusserste Genauigkeit in der Bezeichnung der Punkte nothwendig, welche sehr distincter Natur sind.

Hiermit sind alle Anforderungen erfüllt, welche die Lehre von den specifischen Energieen an die Temperaturnerven stellt. Die festgestellten Erscheinungen sprechen gegen die von E. Hering aufgestellte Temperatursinn-Theorie. Andere von mir angestellte Versuche zeigen zugleich, dass Abkühlung die Reizbarkeit der Kälte- und Wärmenerven herabsetzt, ebenso Erwärmung. Die Erregung der Temperaturnerven ist ausgezeichnet durch eine lange Nachdauer. Schon die geringste Reizung eines Kältepunktes hinterlässt oft eine langdauernde Nachempfindung, wo

von einer irgend erheblichen Abkühlung nicht die Rede sein kann. Nach meiner Ansicht bildet daher den adäquaten Reiz für die Kältenerven die Abgabe, für die Wärmenerven die Aufnahme von Wärme; der Erregungszustand klingt erst allmälig ab und die Erregbarkeit beider Nervenarten wird durch die Temperaturreize herabgesetzt. Durch diese Theorie sind alle Erscheinungen zu erklären.

Es giebt Punkte, welche schwächste mechanische Druckreize wahrnehmen, die in der Umgebung keine Empfindung hervorbringen. Diese Druckpunkte verhalten sich entsprechend bei schwächsten faradischen Reizen. Auch diese Punkte sind in areolärer Weise angeordnet, sie stehen dichter als die Temperaturpunkte. Die Epidermis ist ohne Einfluss auf dieselben, denn nach Entfernung derselben ergeben sich dieselben Bilder. Zwischen den Druckpunkten finden sich nicht selten, nach demselben Typus angeordnet, Punkte, welche schon bei leichtester Berührung schmerzen — Schmerzpunkte. Nur an den Druckpunkten kommt das qualificirte Druckgefühl zu Stande, nur auf ihnen ist man im Stande, die Stärke des Druckes zu schätzen. Innerhalb der Areolen, d. h. auf den nicht mit Druckpunkten versehenen Stellen, ist das Gefühl stumpf, leer und geht leichter in Schmerz über als auf den Punkten. Die Druckpunkte sind zugleich die Träger eines äusserst feinen Ortsgefühls. Auf dem Rücken können manche Druckpunkte schon bei einer Entfernung von 4 mm — bei gleichzeitiger Berührung — als doppelt empfunden werden, an den Fingerbeeren bei 0,1 mm Entfernung. Ich benutze einen mit feinen Nadeln versehenen Tasterzirkel, welcher die Ablesung bis auf Millimeter-Zehntel gestattet. Die Weber'sche Anschauung von den Tastkreisen kann hiernach nicht mehr aufrecht gehalten werden. Vermuthlich stellen die Druckpunkte die Endigungen besonders differenzirter Tastfasern dar, welche von den die übrige Hautfläche versehenden allgemeinen Tastfasern zu unterscheiden sind. Die Schmerzpunkte sind wahrscheinlich besonders exponirte Endigungen der letzteren. Wenn wir ein Object betasten, so fühlen wir nicht unmittelbar dasselbe, sondern unsere Druckpunkte sind es, welche wir fühlen, und erst von ihnen aus schliessen wir auf das Object. Durch Prüfung mit kleinen kreisförmigen und ovalen Objecten überzeugt man sich, dass der Eindruck, welchen wir von der Gestalt desselben bekommen, davon abhängt, wie viel Druckpunkte von demselben getroffen werden und in welcher Anordnung sich dieselben befinden. Darin ist auch der Grund gelegen, warum wir die Tastfläche über das Object hin verschieben.

5.

Nachtrag zu den Mittheilungen über die specifischen Energieen der Hautnerven.

Monatshefte für praktische Dermatologie. IV. Band. 1885. Nr. 1.

Die weiteren topographischen Untersuchungen der Temperatur- und Druckpunkte haben mich gelehrt, dass die Auffassung einer areolären Verbreitung der Nervenfasern — wie ich übrigens bereits angedeutet hatte — keine zutreffende gewesen ist. Das Princip der Anordnung der Sinnespunkte ist nämlich in Kürze folgendes: dieselben reihen sich zu linearen Ketten, welche radienförmig von gewissen Punkten der Haut ausgehen, die man als Ausstrahlungspunkte oder Sinnespunktcentren bezeichnen kann. Die Ketten sind geradlinig oder leicht gekrümmt. Dadurch, dass dieselben von verschiedenen Rayons her zusammentreffen, entstehen mehr minder geschlossene längliche Figuren — dieselben, die früher als Areolen bezeichnet wurden. Die Ausstrahlungspunkte der Temperaturpunktketten fallen mit denen der Druckpunktketten zusammen und sind im Allgemeinen localisirt an den Haaren der Haut; an den ganz unbehaarten Hautstellen jedoch sind sie ebenso deutlich in ähnlichen Abständen nachweisbar. Sie fallen meist nicht zusammen mit demjenigen Punkt, an dem das Haar die Hornschicht durchbohrt, sondern, was namentlich bei sehr schräger Richtung der Haare deutlich ist, mit einem Punkt, welcher ungefähr der Lage der Haarpapille entspricht. Das an den Haaren gelegene Sinnespunktcentrum zeigt häufig eine Anhäufung von Druck- und Temperaturpunkten, oder wenigstens eine hervorragende und extendirte Druck- und Temperaturempfindlichkeit. Unter den von hier aus nach den verschiedensten Richtungen ausstrahlenden Punktketten scheinen die der localen Spalt-

barkeitsrichtung entsprechenden numerisch zu überwiegen. Die Ketten der verschiedenen Sinnesqualitäten schlagen zum Theil die gleiche, zum Theil eine abweichende Richtung ein und combiniren sich in der verschiedensten Weise. Häufig reducirt sich die Punktkette nur auf einige andeutende „verstreute" Punkte, und nicht selten werden diese dann durch Punkte einer anderen Qualität zu einer Kette complementirt. Es kommt endlich sowohl bei den Temperaturpunkten wie bei den Druckpunkten vor, dass die radiäre Ausstrahlung wegfällt und nur eine inselförmige Localisation der Punkte an den Haarstellen zu constatiren ist. — Nebenher findet sich auch — nicht selten seitlich vom Ausstrahlungspunkt — die Anordnung in äusserst dichten Gruppen, wo die Abgrenzung der Punkte nur beim Arbeiten mit der Lupe oder auch dann kaum möglich ist. An manchen Körperstellen, wie Unterleib, Oberschenkel, sind solche Anhäufungen namentlich von Kältepunkten in sehr ausgedehntem Maasse vorhanden. — Hiernach dürfte die Annahme wohl gerechtfertigt sein, dass die Druck- und Temperaturnerven gegen die Insertionsstelle der Haare hin verlaufen, hier Endorgane besitzen und von hier aus sich strahlenförmig in der Haut verbreiten.

Nicht alle Haare entsprechen diesem Schema. Viele entbehren der Temperaturpunkte, eine grosse Zahl hat nur Druck- und Kältepunkte, einige zeigen nur Druck- und Wärmepunkte. Die an den Haarstellen befindlichen Druck- und Temperaturpunkte geben meist ein ganz besonders intensives Gefühl; manche erst bei Anwendung eines Drucks, was für tiefere Lage der Endorgane spricht. Es giebt übrigens auch an behaarten Hautstellen hier und da freie Ausstrahlungspunkte ohne Haare.

Die völlige Trennung von Kälte-, Wärme- und Drucknerven, ihre ganz verschiedene Verbreitung, obwohl sie bis zum Ausstrahlungspunkt meist vereinigt zu verlaufen scheinen, geht noch viel krasser als aus den beschränkten Punktbildern aus der topographischen Aufnahme grösserer Gebiete mittels kleinster Reizflächen hervor, welche eine eigenartige Verbreitung und Anordnung jeder Sinnesqualität auf das Unzweifelhafteste lehrt, auch im Uebrigen mancherlei interessante Resultate giebt.

In Bezug auf die Technik des Aufsuchens der Druckpunkte möchte ich noch eine nachträgliche Bemerkung machen. Wenn auch bei einiger Uebung schon die Q u a l i t ä t des Druckpunktgefühles ein untrüglicher Wegweiser ist, so hat es sich mir doch als nützlich erwiesen, durch eine besondere Vorrichtung die Stärke des angewandten Druckes möglichst gleichmässig zu machen: Ein kurzer Messingcylinder trägt eine lange Spiralfeder, an deren Ende die Nadel zum Tasten befestigt ist; der

Cylinder steckt in einem Ebonitkloben, der zugleich die Schreibevorrichtung trägt. Die Spiralfeder darf nicht zu schwach sein, da die Nadel sonst zittert. Für Stellen mit feinerer Sensibilität spiesse ich auf die Nadel noch ein zugespitztes Korkblättchen, welches auf die Haut aufgesetzt wird. Der Druck des bewegenden Armes wird durch die Spiralfeder so abgeschwächt auf die Nadel übertragen, dass man die Stärke des jedesmaligen Nadeldruckes auf die Haut nahezu als gleich betrachten kann. Stehen die Punkte dicht, so ist es gut, sich bei ihrer Bestimmung der Lupe zu bedienen. — Ein richtiges Bild kann eine einmalige Aufnahme sowohl von Drnck- wie von Temperaturpunkten übrigens nie geben; annähernd ein solches erhält man durch mehrere Sitzungen oder wenn man mehrere Tage lang dasselbe Bild immer wieder vervollständigt und controlirt; zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, die Punkte mit Anilinfarben aufzutragen.

6.

Ueber Wärme-, Kälte- und Druckpunkte.

(Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin. Jahrgang 1884—1885. Nr. 9 und 10.)

Eine früher vom Verfasser unter Leitung von du Bois-Reymond angestellte kritische Untersuchung über die Gültigkeit der Lehre von den specifischen Energieen der Sinnesnerven bei den verschiedenen Sinnesorganen nach den zur Zeit bestehenden Kenntnissen hatte ergeben, dass dieselbe in der ursprünglichen Joh. Müller'schen Gestalt überall zutreffend sei, dagegen in der ihr von v. Helmholtz gegebenen Form — wonach jede Primitiv-Nervenfaser nur eines Erregungszustandes und dementsprechend nur einer Empfindungs-Qualität fähig sei — vielfach auf erhebliche Schwierigkeiten stosse, hauptsächlich bei dem Geruchssinn und den Sinnesnerven der Haut. Zunächst besteht hier die Schwierigkeit, ob die Empfindung des Schmerzes demselben Nervenapparat zugehöre, wie die der Berührung und des Druckes. Der unter gewissen Verhältnissen beobachtete Zustand der Analgesie spricht für eine Geschiedenheit der Nervenapparate; ebenso die Thatsache, dass innere Organe des Körpers wohl der Schmerzempfindung, aber nicht der Druckempfindung fähig sind. Man kann sich andrerseits aber wieder nicht vorstellen, dass es Nerven geben solle, welche nur unter pathologischen Bedingungen in Thätigkeit treten. Ausserdem ist jeder druckempfindliche Punkt der Haut auch schmerzempfindlich und der Schmerzreiz nur graduell von dem Druckreiz verschieden. Es hat sich deshalb in Anlehnung an Schiff's Durchschneidungsversuche der grauen Substanz die Vorstellung Bahn gebrochen, dass für beide Empfindungsqualitäten ein einziger Nervenapparat vorhanden sei, welcher sich jedoch im Rückenmark in zwei Leitungsbahnen sondere. Es kommt noch dazu die Frage, wie man die Empfindung des Kitzels unterzubringen habe. Weiterhin erwächst eine Schwierigkeit in Bezug auf den Temperatursinn.

E. H. Weber nahm für Druck- und Temperaturempfindungen einen einzigen Nervenapparat an; jedoch fiel es ihm bereits auf, dass dieselben topographisch nicht gleichmässig ausgebildet sind. Im Laufe der Zeit, namentlich durch die Fälle partieller Empfindungslähmung des Temperatursinnes, hat die Ueberzeugung Platz gegriffen, dass es besondere Temperaturnerven geben müsse. Jedoch selbst bei Annahme solcher blieb es noch unklar, wie die beiden Qualitäten der Kälte- und Wärmeempfindung mit unserem Gesetz in Uebereinstimmung zu bringen seien.

Die von Magnus Blix zuerst und von dem Vortragenden unabhängig von einander angestellten Untersuchungen mittelst punktförmiger Temperaturreizc haben nun ergeben, dass nur gewisse punktförmige Stellen der Haut fähig sind, Temperaturen wahrzunehmen, und zwar sind diejenigen, welche Kälte wahrnehmen, getrennt von denen, welche Wärme wahrnehmen. Der Vortragende bedient sich zur Untersuchung eines soliden Messingcylinders, welcher in eine abgerundete Spitze ausläuft und ausserdem mit einem Schreibstift in Verbindung steht; derselbe kann beliebig abgekühlt oder erwärmt werden. Wenn man die empfindenden Punkte mit Farben bezeichnet, so gewinnt man ein Bild einerseits der Kältepunkte, anderseits der Wärmepunkte. Dieselben scheinen allerdings zunächst, wie Blix es angegeben hat, unregelmässig verstreut zu sein; bei Anwendung aller hierbei zu beachtenden Cautelen jedoch findet man, dass dieselben sich zu Ketten zusammenordnen. Diese strahlen von gewissen Punkten der Haut aus und verlaufen meist mehr oder weniger gekrümmt. Die Ketten benachbarter Ausstrahlungs-Rayons treten häufig zusammen und bilden so gewisse rundlich-längliche Figuren. Die Ketten der Kältepunkte sind meist getrennt von denen der Wärmepunkte, zuweilen kommen aus beiden Punktarten gemischte Ketten vor. Diese Ketten strahlen nun an den behaarten Körperstellen mit auffallender Häufigkeit von den Haaren aus, d. h. von einem Punkt, welcher in Ansehung der schiefen Richtung der Haare ungefähr der Haarpapille entspricht. An den haarlosen Theilen ist die Anordnung eine entsprechende, es finden sich Ausstrahlungspunkte in ähnlichen Abständen, wie an den behaarten. An den Haaren finden sich demgemäss auch die Kälte- und Wärmepunkte besonders dicht gelagert und scheinen hier zuweilen zusammenzufallen; die nähere Untersuchung lehrt jedoch, dass stets ein gewisser Zwischenraum vorhanden ist. Die hervorragende Bedeutung der Haarstellen für den Temperatursinn ist ersichtlich an denjenigen Regionen, welche wenig Temperaturpunkte enthalten; hier kommt es nämlich vor, dass nur an den Haaren sich solche Punkte finden und zwischen ihnen überall Unempfindlichkeit

gegen Temperaturen besteht. — Die Temperaturpunkte sind anatomisch constant; denn man kann auf der Haut bezeichnete Punkte noch nach beliebig langer Zeit bei jeder erneuten Prüfung als solche constatiren. Mit der Epidermisleitung haben sie nichts zu thun, da sie nach künstlich bewirkter Abhebung derselben sich ebenfalls nachweisen lassen. Die Wärmepunkte sind überall weniger zahlreich, als die Kältepunkte. Die Zahl der Temperaturpunkte überhaupt ist topographisch verschieden, steht im Verhältniss zu der bekannten verschiedenen Temperaturempfindlichkeit der Theile und tritt auffallend zurück an denjenigen Hautflächen, welche besonders dem Tastsinn dienen. Das Gefühl, welches bei Reizung eines Temperaturpunktes entsteht, ist nicht eigentlich punktförmig, sondern scheibenartig, wie von einem Tropfen; besonders gilt dies von den Wärmepunkten. Es ist dabei an den verschiedenen Punkten von verschiedener Stärke, ebenso erfordern dieselben zu ihrer Erregung auch eine verschiedene Reizgrösse. Nähert man sich mit der Cylinderspitze einem Punkt, so hat man sehr häufig schon in einem gewissen kleineren oder grösseren Abstande von ihm ein undeutliches und dann zunehmendes Temperaturgefühl. — Die Haare haben nach der Ansicht des Vortragenden nicht als solche eine Beziehung zu den Temperaturnerven, sondern nur insofern, als sie in einem gewissen Verhältniss zur Spaltbarkeitsrichtung der Haut stehen, welche auch auf die Anordnung der Gefässe und Nerven influiren dürfte, gemäss den Tomsa'schen Untersuchungen.

Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der Temperaturpunkte ist, dass durch einen leichten Stoss gegen dieselben mittelst einer Nadel oder eines spitzen Hölzchens eine Temperaturempfindung producirt werden kann. Die Anstellung des Versuches gelingt am besten, wenn man bei Abwendung der eigenen Augen durch eine andere Person die Reizung ausführen lässt, und dient dies Verfahren zugleich als Controle gegenüber etwaigen Selbsttäuschungen. Es zeigt sich bei diesem Verfahren zugleich, dass der Temperaturpunkt in der That ein sehr distincter anatomischer Punkt ist, denn nur bei genauestem Treffen eines bestimmten Punktes erfolgt die Temperaturempfindung. — In gleicher Weise kann auch durch Reizung der Temperaturpunkte mittelst inducirter Ströme das ihnen zukommende Temperaturgefühl erzeugt werden. Diese Erscheinung hat auch Blix beschrieben.

Weiterhin hat sich ergeben, dass der Temperaturpunkt weder Berührung noch Schmerz wahrnimmt; besonders letztere Erscheinung ist sehr deutlich mittelst einer feinen Nadel, welche senkrecht in die Haut einzustechen ist, nachweisbar. Auch hierbei zeigt sich die schon erwähnte scharfe Abgrenzung des anatomischen Temperaturpunktes; man

wird nicht den ganzen Farbenpunkt unempfindlich gegen Nadelstich finden, sondern nur einen bestimmten Punkt dieses Farbenpunktes. Diese Analgesie besteht nicht blos gegen mechanisch erregten Schmerz, sondern auch — wiewohl schwerer nachweisbar — gegen electrisch und durch Hitze veranlassten Schmerz.

Diese Versuchsergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Temperaturpunkte Lücken darstellen im sensiblen Felde der Hautsinnesfläche, welche ausgefüllt sind einerseits mit specifischen Kältenerven, andererseits mit specifischen Wärmenerven. Somit hat sich für die Temperaturnerven in der That die v. Helmholtz'sche Lehre bestätigt. — Eine fernere Bekräftigung dieser Ansicht erwächst aus dem Umstande, dass es dem Vortragenden gelungen ist, durch Electrisation der Nervenstämme excentrische, sehr deutliche Temperaturempfindungen in dem Ausbreitungsbezirk der betreffenden Nerven zu erzeugen. Man muss sich dazu äusserst starker inducirter Ströme und einer stiftartigen Electrode bedienen. Das Kältegefühl herrscht dabei vor. — Dasselbe ist an einigen Stellen durch Druck auf Nervenstämme mittelst eines Korkcylinders erzielt worden.

Der Nachweis der Kälte- und Wärmenerven führt unmittelbar zu der Frage, wie sich hiernach die Theorie des Temperatursinnes verhalten müsse. Die von Hering entwickelte Temperatursinn-Theorie basirt auf der Anschauung von der Existenz eines einheitlichen Nervenapparates für Kälte- und Wärmeempfindung; wie er aus seiner Theorie heraus entwickelt, dass ein doppelter Nervenapparat nicht vorhanden sein könne, so folgt aus der erwiesenen Thatsache dieses doppelten Nervenapparates, dass seine Theorie nicht mehr zu Recht bestehen kann. Es kommt nicht auf die absolute Höhe der Eigentemperatur der Haut und ihren Abstand von einer sogenannten Nullpunktstemperatur an; vielmehr ist der Reizvorgang für die Temperaturnerven gelegen in dem Akt des Steigens und Sinkens der Hauttemperatur — wie es E. H. Weber annahm. Das Sinken der Eigentemperatur des nervösen Apparates — ganz unabhängig von der absoluten Höhe derselben — bildet einen Reiz für die Kältenerven, das Steigen derselben einen solchen für die Wärmenerven. Dieselbe Objectstemperatur kann daher, da die Hauttemperatur der verschiedenen Körpertheile differirt, hier die Kältenerven, dort die Wärmenerven erregen. — Hierzu kommt nun, dass die Erregung der Temperaturnerven eine eigenthümlich lange Nachdauer besitzt. Ein punktförmiger, auf einen Kältepunkt applicirter, momentan wirkender Kältereiz hinterlässt unter Umständen eine so lange nachdauernde Kälteempfindung, dass es nicht möglich ist, dieselbe auf eine wirkliche, so lange anhaltende Abkühlung zurückzuführen.

Vielmehr deuten die mittelst punktförmiger momentaner Kälte- und Wärmereize gewonnenen Erfahrungen darauf, dass dem Erregungszustand als solchem eine erhebliche Nachdauer der Empfindung zukommt. In demselben Maasse hinterlässt der Erregungszustand auch eine verminderte Reizempfänglichkeit gegen neue Reize durch die Erregung als solche. Dazu kommt ein wichtiges Moment, welches bei den übrigen Sinnesnerven sich in dieser Weise nicht geltend macht, dass nämlich durch die Abkühlung und Erwärmung der Nervenfaser das Leitungsvermögen bez. die Reizbarkeit derselben direct herabgesetzt wird. Der Vortragende glaubt aus gewissen Versuchen schliessen zu dürfen, dass diese Herabsetzung der Erregbarkeit sich nicht erst bei einer gewissen Höhe der Abkühlung oder Erwärmung geltend macht, sondern schon bei geringen Veränderungen der Eigentemperatur der Nerven und mit diesen in einer continuirlichen Reihe sich verstärkt. Wird daher eine Hautstelle erkältet, so wird neben der nachdauernden Erregung der Kältenerven und der dadurch bedingten Schwächung der Reizempfänglichkeit derselben zugleich eine Herabsetzung der Erregbarkeit beider Nervenarten durch die Veränderung ihrer Eigentemperatur bewirkt; wird dieselbe Stelle jetzt von einem Wärmereiz getroffen, so ist die Wärmezufuhr zwar eine grössere, als sie bei nicht abgekühlter Haut sein würde, ihr tritt aber die Herabsetzung der Erregbarkeit der Wärmenerven entgegen. Die entstehende Wärmeempfindung ist daher nicht so gross, als sie bei der gleichen Grösse der Wärmezufuhr auf der nichtabgekühlten Stelle sein würde. Dennoch natürlich kann es vorkommen, dass die Temperatur, welche die Hautstelle vor der Abkühlung selbst besass, jetzt von der abgekühlten als warm percipirt wird — jedoch als viel schwächer warm, als eine entsprechende Erhöhung der Eigentemperatur von demselben Umfange von der nichtabgekühlten Haut würde wahrgenommen werden. — In dieser Weise erklären sich nicht nur die von Hering zur Stütze seiner Theorie herangezogenen sogenannten Contrastversuche, sondern auch gewisse andere Versuche, welche vom Vortragenden angestellt sind und durch die Hering'sche Theorie sich nicht erklären lassen.[1])

[1]) Taucht man einen Finger eine Zeit lang in Wasser von ca. 15° C. und dann gleichzeitig mit dem entsprechenden der anderen Hand in warmes Wasser, so fühlt der in der Luft gewesene Finger die Wärme stärker als der abgekühlte. — Taucht man einen Finger eine Zeit lang in Wasser von 40° und dann mit dem entsprechenden der anderen Hand in solches von 15°, so fühlt der in der Luft gewesene die Kälte intensiver. — Taucht man einen Finger in Wasser von 15°, den entsprechenden der anderen Hand in laues Wasser und dann beide in warmes Wasser, so fühlt der im lauen Wasser gewesene Finger die Wärme besser. Es ändert nichts, wenn man den Finger nach dem ersten Eintauchen schnell mit Fliesspapier abtrocknet.

Bei den topographischen Untersuchungen hat sich ergeben, dass der Wärmesinn überall intensiv und extensiv geringer entwickelt ist, als der Kältesinn, und dass ferner die durch die verschiedenartige Eigentemperatur der Haut bedingte Höhe der Reizschwelle wie auch die Dicke der Oberhaut von viel geringerer Bedeutung ist als der regionär differente Reichthum an Temperaturnervenfasern. Die Temperaturempfindlichkeit steht in unmittelbarem Verhältniss zu den Innervationsterritorien der sensiblen Hautnerven, welche man bei Untersuchung mittelst kleiner flächenhafter Temperaturreize vollständig von einander abgrenzen kann. Daraus erklärt sich auch die schon von E. H. Weber gemachte Beobachtung, dass die Temperaturempfindlichkeit in der Mittellinie des Körpers schwächer ist als seitlich.

Die Temperaturpunkte besitzen einen auffallend feinen Ortssinn. Reizt man je zwei derselben gleichzeitig, so kann man einzelne Punktpaare schon bei sehr geringen Distanzen, bis unter 1 mm herunter, als doppelt fühlen. Diese Minimaldistanzen differiren topographisch.

Bei der analogen Anwendung punktförmiger Druckreize haben sich gewisse Punkte der Haut als besonders druckempfindlich gefunden. Der Vortragende bedient sich hierzu eines Instrumentes, welches aus einer Spiralfeder besteht, die eine Nadel trägt, an welcher ein Korkblättchen befestigt werden kann; zugleich befindet sich ein Schreibstift an demselben, um den Punkt zu fixiren. Man kann die Punkte auch durch schwache inducirte Ströme auffinden. Diese Punkte sind nun nicht blos hervorragend empfindlich gegen schwache mechanische Reize, sondern zugleich auch Träger eines specifischen Druckgefühls, daher als Druckpunkte zu bezeichnen. Dieses specifische Gefühl unterscheidet sich von demjenigen an der dazwischen gelegenen Haut durch folgende Eigenschaften: Während der punktförmige Druck auf letzterer ein mattes, pelziges Gefühl hervorbringt, ist dasjenige der Druckpunkte distinct, lebhaft, gesättigt. Zugleich lässt es jede Abstufung der Druckstärke unmittelbar erkennen, was bei dem ersteren nicht möglich ist. Bei stärkerer Reizung geht es über in ein schmerzhaft drückendes, quetschendes Gefühl, welches so lange anhält, als der Reiz andauert, während an der punktfreien Haut nur ein schnell vorübergehendes lancinirendes, bei längerer Dauer des Reizes nur matt stechendes Gefühl entsteht. Endlich zeichnet sich das Punktgefühl aus durch den ihm anhaftenden, sehr distincten Ortssinn. Die Messung desselben erfolgte in folgender Weise: Es wurden Punktcomplexe bezeichnet; sodann wurden bei Abwendung der eigenen Augen von einer anderen Person die Spitzen eines Tasterzirkels, welcher Ablesungen auf Zehntel-Millimeter gestattet, bald auf Punkte, bald auf freie Haut aufgesetzt. Dabei konnten

dann einzelne Punktpaare in ausserordentlich geringen Distanzen doppelt gefühlt werden; die Reihe der Werthe verläuft von 6 mm bis zu 0 · 1 mm. — Durch diese verschiedenen Eigenschaften und die ihm innewohnende, nicht näher zu beschreibende eigenthümliche Qualität giebt sich das Gefühl der Druckpunkte als ein specifisches Gefühl kund.

Die Druckpunkte zeigen denselben Typus der Anordnung, wie die Temperaturpunkte, stehen jedoch im Allgemeinen viel dichter. Sie reihen sich ebenfalls zu Ketten an einander, welche von gewissen Punkten und ganz besonders von den Haaren ausstrahlen. An letzteren findet sich häufig eine Anhäufung von Druckpunkten und an wenig druckempfindlichen Stellen sind es nicht selten die Haarstellen allein, welche noch Druckpunkte zeigen. An den unbehaarten Theilen finden sich entsprechende Ausstrahlungssysteme, welche ihrer Lage nach denen der Temperaturpunkte entsprechen. — Für den Ortssinn hat sich noch die bemerkenswerthe Erscheinung ergeben, dass solche Punktpaare, welche verschiedenen Ketten angehören, im Allgemeinen einen stärker ausgebildeten Ortssinn zeigen, als solche, welche derselben Kette zugehören. Es lässt dies den Schluss zu, dass die einer Kette angehörenden Punkte in einem engeren anatomischen Connex stehen, als diejenigen verschiedener Ketten. Die Bedeutung der Druckpunkte tritt sehr deutlich hervor, wenn man mit kleinen kantigen Tastobjecten prüft; die Möglichkeit, die Form derselben zu erkennen, wächst mit der Zahl der Druckpunkte, welche von ihnen berührt werden. Die Weber'sche Lehre von den Empfindungskreisen dürfte in ihrer Form nicht mehr festgehalten werden können.

Der Vortragende unterscheidet demgemäss:

Allgemeine Gefühlsnerven, welche die ganze Hautfläche durchsetzen, und:

Specifische Drucknerven, welche in den Druckpunkten endigen.

Die Fähigkeit der Kitzel- und Schmerzempfindung muss beiden Nervenarten zugeschrieben werden; das Nähere hierüber kann hier nicht Platz finden.

7.

Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven.

Archiv für Anatomie und Physiologie. 1885. Physiologische Abtheilung. Suppl.-Band.

Hierzu Tafel 1—3.

I. Temperatursinn.

Während Kälte und Wärme ihrer Natur nach stets als flächenhafte diffuse Gefühle aufgefasst worden sind, hat sich neuerdings ergeben,[1]) dass die Elemente derselben punktförmige Einzelgefühle sind, welche durch subjectiven Conflux ein flächenhaftes Gefühl vortäuschen. Dieselben kommen nur an bestimmten, räumlich getrennten Punkten der Haut zu Stande, während die von solchen Punkten freie Zwischenhaut nicht fähig ist, auf einen Temperaturreiz mit dem charakteristischen Temperaturgefühl zu reagiren. Eine grundlegende Thatsache ist nun, dass diese Punkte für das Kältegefühl andere sind als für das Wärmegefühl. Diejenigen Punkte der Haut, welche Kälte percipiren, sind nicht fähig auch Wärme zu percipiren und umgekehrt. Man muss demnach zwei verschiedene Arten von solchen Punkten unterscheiden, welche man füglich als Kältepunkte und Wärmepunkte bezeichnen kann. Der Temperatursinn erscheint hiernach derartig angelegt, dass seine Grundlage

---

[1]) Ich habe meine Untersuchungen zuerst in den Monatsheften für praktische Dermatologie, 1884, Nr. 7—10 veröffentlicht und bereits dort darauf hingewiesen, dass ich unabhängig von Blix gearbeitet habe, welcher die grundlegenden Thatsachen vor mir gefunden hat. Ich operirte mit fallenden kalten und warmen Tropfen; hierbei bemerkte ich, dass die grösseren Furchen der Haut (z. B. in der Hohlhand) keine Temperatur wahrnahmen; um dies genauer festzustellen, benutzte ich punktförmige Temperaturreize und nun ergab sich die ganze Reihe der Erscheinungen, wie sie im Folgenden geschildert werden sollen.

ein System von Sinnespunkten, Temperaturpunkten, welche über die ganze Hautfläche verstreut sind, bildet; der Temperatursinn erscheint ferner geschieden in einen Kältesinn und in einen Wärmesinn, und jedem dient ein getrenntes System von Sinnespunkten. Wenn hier von Punkten gesprochen ist, die über die Hautfläche verstreut sind, so ist dabei natürlich zu erinnern, dass denselben Nervenenden, die in der Haut gelegen sind, solche entsprechen müssen, deren perceptive Fähigkeit sich als physiologischer Sinnespunkt auf die den Reizungen ausgesetzte äussere Hautfläche projicirt.

Um die genannten Punkte aufzufinden, bedarf man punktförmiger Temperaturreize. Ich habe diese für den Kältesinn anfänglich in der Weise hergestellt, dass ich ein feines Pinselchen in Schwefeläther tauchte und hiermit die Haut betupfte; es tritt dann jedesmal ein kleines Tröpfchen Aether aus, welches an gewissen Punkten die Empfindung von Kälte hervorruft, dazwischen aber sich dem Gefühl nicht bemerkbar macht. Diese Methode hat für sich die Vermeidung jedes Druckes; jedoch ist sie nicht geeignet, um sämmtliche Kältepunkte zu finden, da der Kältereiz nicht stark genug ist. Als passendstes Instrument sowohl für die Aufsuchung der Kälte- wie der Wärmepunkte haben sich mir Messingcylinder bewährt, von ungefähr 1 cm Dicke und 8—9 cm Länge, welche an dem einen Ende spitz abgedreht sind; die Spitze selbst ist wieder abgerundet und darf weder zu lang sein, da sie sonst zu schnell abkühlt, noch zu kurz, da sonst der Berührungspunkt durch den Cylinder dem Auge verdeckt wird. Ich habe zuerst hohle Cylinder angewendet, die mit einem Ebonitpfropfen zu verschliessen waren, habe aber dann die soliden für praktischer befunden. Zum Aufsuchen von Kältepunkten genügt schon der blosse Cylinder, der jedoch eventuell durch Eintauchen in kaltes Wasser noch abzukühlen ist. Behufs Aufsuchens der Wärmepunkte wird der Cylinder über einer Spiritusflamme erwärmt. Selbstverständlich hat dieser Modus den Nachtheil, dass der Cylinder allmälig abkühlt und so der Wärmereiz kein constanter ist; ein solcher würde sich herstellen lassen mit Verwendung der Electricität,[1] und es ist kein Zweifel, dass ein solches Instrument für gewisse Fragen, namentlich nach der Reizschwelle der Temperaturpunkte, sehr vortheilhaft sein würde — jedoch zur Feststellung der Wärmepunkte überhaupt genügt der Cylinder vollkommen und hat den Vortheil vollkommener Handlichkeit. Der Messingcylinder ist in einem Ebonitkloben verschiebbar gefasst, welcher ausserdem eine mit dem Cylinder parallel gerichtete, verschiebbare Hülse

[1]) Etwa nach Art des von Eulenburg neuerdings angegebenen Thermaesthesiometers. Vgl. Monatsheft für praktische Dermatologie. 1885. Bd. IV. Nr. 1.

trägt zur Aufnahme eines Pinsels oder Schreibstiftes, um die Punkte zu bezeichnen. Ich bediene mich vorzugsweise kleiner gespitzter Hölzchen, die man sich jederzeit aus Zahnstochern herstellen und wieder neu spitzen kann, ferner der alten Gänsefederposen oder sehr weicher Zeichenfedern, welche senkrecht aufgesetzt werden müssen. Zum Bezeichnen der Punkte kann man die gewöhnliche blaue oder rothe Zeichentinte benutzen; für gewisse Zwecke ist es jedoch erforderlich, zu Anilinfarben zu greifen. Zu beachten ist, dass die zu benutzenden Flüssigkeiten möglichst verdünnt werden müssen, einerseits damit die Punkte möglichst fein ausfallen, andererseits weil sich sonst der Schreibstift oder die Feder zu schnell verstopft.

Das Aufsuchen und Bezeichnen der Kälte- und Wärmepunkte ist eine sehr einfache Thätigkeit, erfordert jedoch einige Cautelen. Freilich kommen diese erst in Betracht, wenn man sich die Aufgabe setzt, von einer umgrenzten Stelle der Haut alle vorhandenen Kälte- bez. Wärmepunkte zu bestimmen und kenntlich zu machen. Es tritt hier zunächst die Schwierigkeit auf, genau den Punkt der Haut mit dem Schreibstift zu treffen, welcher unter der Spitze des Cylinders als kalt oder warmempfindend gefühlt wurde. Ich habe Versuche gemacht mit einem Apparat, bei welchem Cylinder und Schreibstift an einem stehenden Barren befestigt und derartig nach unten gegen einander geneigt sind, dass sie bei ihrer Verschiebung abwärts annähernd dieselbe Stelle treffen, jedoch dürfte ein mathematisch genaues Zusammentreffen schon wegen der Veränderungen, welche der Schreibstift durch den Gebrauch erleidet, unmöglich sein und zudem ist ein solches Instrument sehr unhandlich und nur für wenige Körperstellen brauchbar. Die Fertigkeit, denselben Punkt zu treffen, wird nun durch die Uebung eine genügend vollständige; für die Kältepunkte kommt es ausserdem noch zu Statten, dass man bei Bezeichnung des richtigen Punktes mit der flüssigen Farbe ein leichtes Kältegefühl wahrnimmt, das gewissermaassen zur Controle dient. Ausserdem kann man die Richtigkeit des bezeichneten Punktes durch wiederholte Reizung controliren. Für dicht gelagerte Punkte endlich kann man behufs richtigen Treffens sich der Lupe bedienen.

Ist eine Hautstelle eine gewisse Zeit lang bearbeitet, so findet man keine weiteren Punkte, und die gefundenen geben gar keine oder eine sehr schwache Empfindung. Erst nach einer Ruhepause von kürzerer oder längerer Dauer hat sich die Hautstelle so weit erholt, dass man mit dem Aufsuchen der Punkte fortfahren kann. Die Hautregionen verhalten sich hierin verschieden, auch kommt die Stärke der angewendeten Reize in Betracht; überall jedoch gilt es, dass durch das systematische Absuchen einer circumscripten Stelle die Erregbarkeit derselben ge-

schwächt wird. Der Grund hiervon liegt ohne Zweifel in der wiederholten Application der Temperaturreize.

Nähert man sich mit der Cylinderspitze einem Temperaturpunkt, so hat man in den meisten Fällen schon bei der Annäherung an denselben ein unbestimmtes, zunehmendes Temperaturgefühl. Es befindet sich also im Allgemeinen um einen Temperaturpunkt herum eine Zone eines wenig ausgeprägten, schwachen Temperaturgefühls. Dieser Umstand macht sich für das Aufsuchen der Punkte insofern geltend, als man hin und wieder leicht einen Punkt der Peripherie dieses Zerstreuungskreises als Temperaturpunkt fixiren kann. Nimmt man nun hinzu, dass häufig der Application eines Temperaturreizes eine sofortige geringe Herabsetzung der Erregbarkeit in der nächsten Umgebung folgt, besonders wenn die Application auf denselben Punkt mehrfach hinter einander stattgefunden hat — und man drückt sehr oft bei schwachem Temperaturgefühl mehrere Male auf denselben Punkt, um sich zu überzeugen, ob man ihn wirklich als Temperaturpunkt zu bezeichnen hat —, so leuchtet ein, dass es vorkommen kann, dass die Mitte des Zerstreuungskreises als der wahre Punkt übergangen und statt dessen ein oder mehrere Punkte der Peripherie bezeichnet werden. Es ist daher das Annäherungsgefühl zu unterscheiden von dem Gefühl an dem Temperaturpunkt selbst, d. h. demjenigen Punkte, welcher senkrecht über der anzunehmenden Nervenendigung liegt. Anderenfalls würden die fixirten Punkte zwar auch ein ungefähres Bild der Verbreitung der Nervenenden geben, aber doch keine hinreichend correcte Projection der Nervenendigungen auf der Hautoberfläche darstellen. Dieser Fehler macht sich besonders bei stärkeren Temperaturreizen geltend.

Endlich ist noch einer in der Natur der Sache liegenden Fehlerquelle zu gedenken; es werden nämlich bei dem systematischen Absuchen einer Stelle, auch wenn man nach einer bestimmten Regel verfährt, z. B. immer in parallelen Linien den Cylinder führt, doch stets eine Anzahl von Punkten übergangen werden; wollte man auch hier einen Apparat anwenden, welcher den Cylinder führt, so würde dadurch die Beschwerlichkeit der Untersuchung ausserordentlich vermehrt werden. Hierzu kommt, dass man wegen der Herabsetzumg der Erregbarkeit doch nicht den angefangenen Modus des Absuchens beibehalten kann, sondern bald diesen, bald jenen Bezirk aufnehmen muss. — Es liegt endlich in der Art der Aufsuchung der Punkte noch eine Fehlerquelle, welche kaum umgangen werden zu können scheint. Diese bezieht sich darauf, dass continuirlich-temperaturempfindliche Stücke der Hautsinnesfläche durch unser Verfahren willkürlich in Punkte aufgelöst werden. Wir können nicht mit Farbstoffen hantiren, welche momentan ein-

trocknen, weil dieselben auch am Schreibstift zu schnell trocknen werden. Nun liegt folgende Gefahr vor: Man kommt an einen kälteempfindlichen Punkt und bezeichnet ihn; um ihn nicht zu verwischen, fährt man nicht continuirlich, sondern in einer, wenn auch noch so kleinen Entfernung fort zu reizen und setzt, wenn nun wieder Kälteempfindung erfolgt, einen anderen Punkt neben den ersten, während doch eben so gut ein kälteempfindliches Continuum da sein kann. Bezeichnet man aber nicht gleich jeden kälteempfindlichen Punkt, sondern sucht die Ausdehnung des kälteempfindlichen Stückes festzustellen, so kann man die Grenzen nicht genau merken. Ebenso wird man, wenn man bei dem Abschreiten in parallelen Linien unmittelbar an einem früher bezeichneten Punkte wieder Kältempfindung findet, sehr leicht versucht sein, ohne Weiteres einen neuen Punkt neben jenen zu setzen, so dass also der Zwischenraum ganz unbeachtet bleibt. Ein solches Verfahren wird zahlreiche Unrichtigkeiten mit sich bringen und man muss dieselben dadurch wieder hinwegzuräumen suchen, dass man später die Zwischenräume zwischen den Punkten noch ganz besonders prüft. Hierbei wird man sich der Schwierigkeiten, welche das Annäherungsgefühl macht, in hohem Maasse bewusst. Man wird nicht selten in den engsten Zwischenräumen noch Kälteempfindlichkeit finden, manchmal intensivere als auf den benachbarten Punkten; auch vielfach neben alten Punkten neue, wo vorher keine zu existiren schienen. Wir kommen auf dieses Verhältniss noch zurück. Es ist übrigens hierbei hervorzuheben, dass wir einen absolut spitzen Temperaturreiz nicht anwenden können, derselbe muss immer eine gewisse Ausdehnung haben. Zu beachten ist noch, dass der Cylinder nicht schief gehalten werden darf; es kann hierbei vorkommen, dass scheinbar jeder Eindruck mit dem Cylinder eine Temperaturempfindung veranlasst, weil nämlich die Haut sich mit einer gewissen Fläche an den Cylindermantel anlegt.

Aus allem diesem folgt, dass man in einer einzigen Sitzung ein wahrheitsgetreues Bild der Temperaturpunkte einer Hautstelle nicht bekommen kann. Und es ist daher gar nicht zu verwundern, dass man, wenn man mehrfach zu verschiedenen Zeiten von derselben Stelle die Kälte- oder Wärmepunkte aufnimmt, jedesmal ein etwas anderes Bild bekommt. Will man daher eine correcte Aufnahme herstellen, so muss man eine und dieselbe Stelle womöglich mehrere Tage lang — die Herabsetzung der Erregbarkeit hält zuweilen erstaunlich lange an, besonders wenn eine stärkere Hyperaemie der Stelle hervorgerufen ist — bearbeiten und controliren und sich zu diesem Zwecke eben dann der Anilinfarben bedienen, da die anderen durch die Hautfeuchtigkeit aufgelöst oder abgerieben werden.

Uebrigens aber habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass die angeführten Fehlerquellen in einem gewissen Umfange gar nicht zu vermeiden sind und halte deshalb ein völlig correctes Bild, d. h. eine absolut genaue Projection der in der Haut gelegenen Nervenendigungen auf die Oberfläche der Haut für unmöglich. Alle die auch mit den grössten Cautelen hergestellten Zeichnungen der Punkte können der wahren Anordnung der Nervenendigungen nur nahe kommen. Es ist aber auch zweifellos, dass dies für die Sache selbst ganz gleichgültig ist, denn mögen minimale Fehler der Distancen der Punkte auch vorhanden sein, mag einmal von zwei dicht nebeneinander stehenden Punkten einer zu viel oder hier und da einer zu wenig sein — der Typus der Anordnung der Punkte ist mit der geübten Methode vollkommen zu eruiren und darzustellen.

In den Bereich der angeführten Fehlerquellen fällt auch die Beobachtung, dass zuweilen auf einem Wärmepunkt der kalte Cylinder als kalt gefühlt wird. Die genauere Untersuchung mit dem Aetherpinsel ergiebt dann immer, dass niemals direct auf dem Wärme empfindlichen Punkt die Kälte zu spüren ist, sondern dicht daneben. Häufig finden sich einem Wärmepunkt auf verschiedenen Seiten mehrere Kältepunkte unmittelbar angelagert. Die Täuschung war hier gelegen theils in dem, was über das Annäherungsgefühl gesagt worden ist, theils in der relativen Breite der Cylinderspitze.

Wenn in dem vorher Gesagten kurzweg angenommen wurde, dass die beschriebenen Punkte den Endigungen der Temperaturnerven entsprechen, so geschah dies, weil in der That keine andere Erklärung für die Thatsache dieser Punkte möglich ist. Dieselben sind völlig fixer Natur; hat man ein Punktbild auf die Haut aufgezeichnet, so kann man jederzeit, so lange die Punkte zu sehen sind, wenn man bei abgewandten Augen sich von einer anderen Person mit dem Cylinder prüfen lässt, angeben, wann der Cylinder auf einen Punkt kommt. Dass etwa zufällig an diesen Punkten ein stärkerer Druck mit dem Cylinder stattgefunden hätte oder dass eine bessere Wärmeleitung hier vorhanden wäre, diese Annahmen können deshalb gar nicht in Betracht kommen, weil zwischen den Punkten nicht etwa ein schwächeres, sondern überhaupt gar kein Temperaturgefühl wahrgenommen werden kann, selbst nicht flächenhafte Temperaturreize, falls sie so klein sind, dass man damit einen punktfreien Bezirk decken kann. Endlich habe ich die Punkte aber auch bei mir selbst nachweisen können, nachdem ich das Stratum corneum mittelst Collodium cantharidatum entfernt hatte. Es ist also anzunehmen, dass Nervenfasern, welche der Perception der Kälte dienen, und solche, welche der Perception der Wärme dienen, kurz: Kälte-

und Wärmenerven unter einander gemischt verlaufen und an den Temperaturpunkten ihre Endigungen bezw. Endorgane haben. Damit soll nicht gesagt sein, dass einem Temperaturpunkt immer nur gerade eine einzige Endigung entspricht, es ist auch denkbar, dass hier ein Complex von Endorganen sich befindet.

Das allgemeine Princip der Anordnung der Temperaturpunkte ist folgendes[1]): Dieselben reihen sich in Ketten, Linien, an einander, welche meist leicht gekrümmt verlaufen. Dieselben strahlen radienartig von gewissen Punkten der Haut aus, welche demgemäss als Ausstrahlungspunkte oder Temperaturpunkt-Centren zu bezeichnen sein dürften. Die Ketten der Kältepunkte fallen im Allgemeinen nicht zusammen mit denen der Wärmepunkte, ihre Ausstrahlungspunkte sind aber gemeinsam. Häufig sind nun diese Punktlinien nicht vollständig vorhanden, sondern nur durch vereinzelte Punkte angedeutet, zwischen welche sich dann nicht selten Punkte der anderen Qualität einschieben; auf diese Weise resultiren dann gemischte Punktketten. Dadurch, dass die Linien verschiedener Rayons zusammentreffen, entstehen mehr oder weniger geschlossene rundlich-eckige, häufig dreieckig-längliche Figuren, deren Peripherie von Punktketten theils der einen, theils der anderen Qualität, theils von gemischten Ketten gebildet werden. Auf diese Weise kommt demnach die Erscheinung zu Stande, welche ich in meiner ersten Publication über diesen Gegenstand als Complementirung der Kälte- und Wärmepunkte zu areolären Figuren beschrieben hatte. Hier und da bilden die Punktketten eine dichte Masse von Punkten, welche zuweilen gar nicht zu sondern sind, so dass dann in der That eine Temperatur-empfindliche Fläche vorzuliegen scheint. Es sei hier gleich gesagt, dass dies für den Kältesinn viel häufiger ist, als für den Wärmesinn. Die Punktketten strahlen meist nicht nach allen Richtungen aus, sondern vorzugsweise senkrecht zur Richtung der Spaltbarkeitsebene und in dieser selbst. Man findet auf diese Weise besonders häufig wiederkehrend eine büschelförmige Anordnung der Punktketten. Eine weitere bemerkenswerthe Thatsache ist nun, dass die Ausstrahlungspunkte an den behaarten Hautregionen vorwiegend mit den Härchen zusammenfallen, genauer gesagt, mit den Haarwurzeln oder Haarpapillen. Letzterer Schluss erscheint dadurch gerechtfertigt, dass die Punktketten nicht von demjenigen Punkt ausgehen, wo das Haar zu Tage tritt, sondern bei der meist schrägen Richtung der Haare von einem Punkte, der ungefähr senkrecht über der Haarpapille liegen dürfte. Hier und da kommen jedoch auch in behaarten Gegenden Ausstrahlungs-

[1]) Vergl. hierzu die Abbildungen 1—4.

punkte ohne Haar vor. Demgemäss finden sich auch an den Haaren im Allgemeinen immer Temperaturpunkte. Die Bedeutung der Haare oder besser gesagt der Haarstellen für die Temperaturnerven tritt sehr deutlich hervor an manchen Hautregionen von sehr schwacher Temperaturempfindlichkeit. An solchen kommt es nämlich vor, dass nur an den Haaren Temperaturpunkte liegen und sonst weiter keine vorhanden sind. Hieraus geht auf das klarste hervor, dass die Haarstellen zum mindesten Hauptpunkte für die Vertheilung der Temperaturnerven sind, und man kann, wenn man selbst an den Haaren keine Temperaturpunkte findet, sagen, dass überhaupt keine da sind.

Das Verhältniss der an einem Haarpunkt gelegenen Temperaturpunkte ist nach Zahl und Qualität ein sehr verschiedenes. Es kommt vor, dass hier überhaupt — wie eben gesagt — nur ein einziger Kälte- oder Wärmepunkt zu finden ist; ferner ein Kälte- und ein Wärmepunkt dicht neben einander; ein Wärmepunkt und zwei Kältepunkte zusammen — das Umgekehrte wurde nicht beobachtet. Die von einem Haarpunkt ausstrahlenden Ketten sind ebenfalls wieder nach Zahl und Qualität unterschiedlich; es kommt vor, dass nur ein Strahl vorhanden ist; ferner zwei oder mehrere. Im ersten Falle enthält der Strahl gewöhnlich nur Punkte einer Qualität; jedoch kann am Haar, dem Beginn der Kette, ein Punkt der anderen Qualität liegen, also am Haar ein Kältepunkt mit einem Wärmepunktstrahl, oder ein Wärmepunkt mit einem Kältepunktstrahl; in ähnlicher Weise ein Kältepunkt mit mehreren Wärmepunktstrahlen oder ein Wärmepunkt mit mehreren Kältepunktstrahlen. Nicht selten gehört das ganze von einem Haarpunkt ausstrahlende Büschel einer und derselben Qualität an. Auf der anderen Seite findet sich wieder eine scharfe Sonderung der Strahlen, so dass z. B. je ein Kältepunkt- und ein Wärmepunktstrahl von einem Haarpunkt nach verschiedenen Richtungen ausgehen. Die Regel, dass an den Haaren sich Temperaturpunkte finden, hat übrigens auch Ausnahmen, es giebt Hautstellen, welche vollkommen unempfindlich gegen Temperaturen sind und zugleich behaart; hier entbehren dann die Haare der Temperaturpunkte. — An punktreichen Hautstellen drängen sich naturgemäss an den Haaren die Temperaturpunkte beider Qualitäten im Allgemeinen dicht zusammen; meist wiegen in der dem Haar anliegenden Punktgruppe die Kältepunkte vor, seltener die Wärmepunkte. Stets aber kann man die Kälte und Wärme empfindlichen Punkte als neben einander geordnet nachweisen.

Aus dieser Darstellung konnte schon entnommen werden, dass die Kälte- und Wärmepunkte im Einzelnen sich keineswegs in durchaus gleichmässiger Vertheilung befinden. Es kommen Strahlensysteme vor, wo die Kältepunkte überwiegen, ja allein vertreten sind, und solche, wo

dasselbe mit den Wärmepunkten der Fall ist; letzteres ist jedoch viel seltener als ersteres. Diese Ungleichmässigkeit beschränkt sich jedoch nicht auf die Ausstrahlungssysteme, sondern erstreckt sich auf grössere Gebiete. Es giebt demnach grössere Bezirke, in welchen die eine Qualität von Punkten reichlich vertreten ist, die andere so verschwindend, dass etwa nur an den Haaren solche gelegen sind, oder dass überhaupt sich keine vorfinden. Jedoch auch dies Verhältniss kommt fast nur so vor, dass die reichlich vertretene Qualität dem Kältesinn angehört. Wenn ein solches Gebiet als einseitig stark temperaturempfindlich zu bezeichnen sein dürfte, so giebt es andererseits auch einseitig schwach temperaturempfindliche Bezirke: hier ist die eine Qualität (Kälte) schwach, etwa nur an den Haarpunkten vertreten, die andere gar nicht. Dieses Verhältniss bildet den Uebergang zu der gänzlichen Anaesthesie für Temperaturreize, von welcher bereits die Rede war.

Das Bild, welches man sich nach diesen Feststellungen über den vermuthlichen Nervenverlauf der Temperaturnerven in der Haut machen darf, könnte also folgendermaassen gezeichnet werden: Die Kälte- und Wärmefasern — die Annahme der Trennung auch der Nervenfasern wird später ihre nähere Begründung finden — steigen gegen die Haare hin in der Haut auf und breiten sich von den Haaren aus radiär- oder büschelartig aus. Sowohl an den Haaren wie an der büschelartigen Ausbreitung bilden sie reizbare Endigungen bez. Endorgane. Ob dies in der Weise geschieht, dass Fasern sich theilen und verästeln oder ob dieselben parallel mit einander verlaufen und nur in verschiedenen Entfernungen von einander abbiegen, dies bleibt vorläufig der Vorstellung überlassen. Die beiden Nervenarten verlaufen bis zu den Haaren vorzugsweise, aber nicht immer, gemischt und schlagen dann vorwiegend, aber nicht immer, verschiedene Richtungen ein. Bei der büschelförmigen Anordnung schlagen die Fasern in der Mehrzahl die durch die locale Spaltbarkeitsebene vorgezeichnete und ganz besonders eine darauf senkrechte Richtung. An unbehaarten Hautregionen ist die Vertheilung der Nervenfasern in der Haut eine entsprechende. — Dies Verhalten stimmt mit dem überein, was für den Verlauf der Gefässe und Nerven der Haut durch ganz anders geartete Untersuchungen, nämlich durch anatomische, von Tomsa gezeigt worden ist. Tomsa[1]) sagt: „Es combinirt sich in der Spaltbarkeitsrichtung eines Hautstückes am häufigsten auf der einen Seite eine grössere Zahl von Bindegewebsbündeln mit stärker geneigter Richtung ihres Verlaufs zur Haut-

[1]) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der menschlichen Haut. Archiv für Dermatologie. 1873. Bd. V.

oberfläche, und es beeinflusst diese Combination im gespannten Zustande die Gruppirung des Hautgerüstes und seines Inhaltes derart, dass die Haare, Drüsen und Kreislaufsebenen gegen den subcutanen Ursprung der zahlreicheren und geneigteren Hautfasern hinneigen. Haare und Schweissdrüsen, als Gebilde von linearer Ausdehnung ohne Verästelung, werden in der Spaltbarkeitsebene liegend angetroffen werden müssen, und die Gefässverästelungen, flächenhaft ausgebreitet, werden zur Spaltbarkeitsebene mehr oder minder senkrecht gestellte Circulationsebenen bilden, weil sie der nach Obigem besonders in der Tiefe blättrige Bau der Haut dazu zwingt.“ Wenn man in Rechnung zieht, dass dieses Verhältniss nicht in einer absolut mathematischen Regelmässigkeit vorhanden sein wird, so passen in der That unsere Bilder ganz zu der Tomsa'schen Anschauung und eine Punktkette würde den Durchschnitt der Ebene der Nervenverästelung mit der Hautoberfläche darstellen. Hinzufügen müssen wir dann dieser Vorstellung noch, dass die Haare, wie sie ja auch Punkte besonders ausgebildeter Vascularisation darstellen, zu diesen Nervenverästelungsebenen einen Mittelpunkt einnehmen. — Es geht hieraus hervor, wie das Werkzeug des Temperatursinnes, die temperaturempfindlichen Nervenendigungen in ihrer Anordnung und Vertheilung von den Wachsthumsgesetzen der Haut influirt werden und somit die Function des Temperatursinnes selbst, das örtliche Wahrnehmen von Kälte- und Wärmereizen abhängig gemacht ist von einem organischen Moment, welches auf einem ganz anderen Gebiete als dem der Sinnesthätigkeit gelegen ist.

Die Thatsache der Temperaturpunkte hat um so mehr Frappantes, als wir gewöhnt sind, Temperaturen immer durch Application einer Fläche zu messen und Temperaturwahrnehmungen nur als flächenhafte Gefühle zu kennen — wie schon Eingangs erwähnt wurde. Der am wenigsten extensive Temperaturreiz, der uns im gewöhnlichen Leben vorkommt, ist wohl der Tropfen. Man ist deshalb begierig, wie die Empfindung eines Temperaturpunktes beschaffen sein soll. In der That ist dieselbe nicht eigentlich punktförmig, sondern scheibenartig, wie von einem sehr kleinen Tropfen, welcher die Haut trifft. Es findet also eine Art von Irradiation des Gefühles statt, dasselbe erscheint extensiver, als der Temperaturpunkt ist, bez. der reizbare Endapparat. Dass letzterer in der That in unserem Sinne „punktförmig“ sein muss, geht theils aus der schon erwähnten Thatsache hervor, dass nicht selten Kälte- und Wärmepunkte sehr dicht neben einander liegen, theils aus anderen später mitzutheilenden Beobachtungen. Diese Irradiation ist bei den Wärmepunkten grösser, als bei den Kältepunkten; sie verhält sich ferner nach den Körperstellen und Hautregionen verschieden. Es

hat mir geschienen, dass die Irradiation geringer ist an den Regionen mit ausgebildeterem Ortssinn und an denen mit sehr stumpfem Ortssinn hervorragend bedeutend. Je intensiver endlich die Empfindung eines Punktes ist, desto mehr erscheint sie auch punktförmig, die schwach empfindenden Punkte irradiiren am meisten. Ist ein Temperaturpunkt mehrfach gereizt worden, so giebt er eine schwache dumpfe Empfindung und diese erscheint uns zugleich viel breiter als bei den ersten Reizungen; es ist dabei, als ob sich in der Haut eine unbestimmte diffuse Kühle oder Wärme ausbreite und dies geht so weit, dass man zuweilen in Zweifel geräth, ob man die Empfindung überhaupt dem punktförmigen Reiz zuschreiben könne.

Das Kältegefühl bei Reizung eines Kältepunktes ist ein momentan erfolgendes, aufblitzendes. Das Wärmegefühl bei Reizung eines Wärmepunktes dagegen erfolgt nicht momentan, sondern erscheint anschwellend; es ist diffuser und gewährt an manchen Körperstellen (Mamillargegend, Unterleib u. a.) den Eindruck, als ob es sich nach der Tiefe hin ausbreite.

Die Intensität der Temperaturempfindung eines Temperaturpunktes ist natürlich von der Stärke der Reizung abhängig; sie ist jedoch auch absolut verschieden für die einzelnen Temperaturpunkte. Mit demselben Reizobject erregt giebt der eine Kältepunkt ein sehr kaltes, eisiges Gefühl, der andere nur ein kühles und dazwischen giebt es Abstufungen; entsprechend verhält es sich bei den Wärmepunkten. Die intensiveren Punkte — um die mit intensiverem Gefühl begabten so kurz zu bezeichnen — werden nun auch durch schwächere Reize erregt, als die weniger intensiven. Man findet deshalb z. B. mit einem schwachen Kältereiz nur einen Theil der Kältepunkte, nämlich die intensivsten — worauf oben schon hingedeutet worden ist. Mit stärkeren Kältereizen kann man dann eine grössere Anzahl davon auffinden und so fort. Ebenso ist es bei dem Wärmesinn. Die schwachen Punkte geben, mit je stärkeren Reizen sie angegriffen werden, natürlich ein um so stärkeres Temperaturgefühl; aber nicht so, dass dasselbe bei einer gewissen Reizstärke nun dieselbe Intensität erreicht, wie bei den intensiveren Punkten auf schwachen Reiz; vielmehr zeigen sich viele mit einer durchaus schwächeren Empfindungskraft begabt, welche gar nicht bis zu der Stärke der intensiven Punkte anwachsen kann. Wenn man daher auch gerade nicht sagen kann, dass die Temperaturpunkte auf verschiedene Reiztemperaturen gleichsam „abgestimmt“ sind, so ist doch in Bezug auf das Verhältniss von Reizstärke zu Erregungsstärke eine abgestufte Reihe vorhanden, derart, dass zwar durch jedes Sinken oder Steigen der Hauttemperatur ein Reiz auf alle Kälte- und Wärmenerven ausgeübt wird, dass aber bei den in dieser

Reihe tiefer stehenden Punkten die Erregung stärker sein muss, um als Kälte oder Wärme percipirt zu werden. Einen Versuch einer Erklärung dieser Verschiedenheiten der Empfindlichkeit und Empfindungsstärke werde ich weiter unten machen.

Es ist endlich noch zur Beschreibung des Punktgefühles hinzuzufügen, dass dasselbe meist nicht mit dem Aufhören des Reizes momentan erlischt, sondern eine Nachdauer hat. Es tönt ab und geht in ein unbestimmtes, nicht näher zu beschreibendes Gefühl über. Auch diese Eigenschaft ist nicht über die ganze Haut in gleicher Weise verbreitet, vielmehr giebt es Hautregionen, wo dieselbe sehr gering, und andere, wo dieselbe ganz auffallend hervorragend ist. Der Umstand, dass das Punktgefühl eine ausgesprochene Nachdauer hat, ist namentlich für die Theorie des Temperatursinnes von Wichtigkeit, wie später gezeigt werden wird. —

Es sind im Folgenden nun noch eine Reihe sehr bemerkenswerther Eigenschaften der Temperaturpunkte und -nerven zu schildern.

Mechanische und electrische Erregbarkeit der Temperaturpunkte.

Es hat sich nämlich zunächst ergeben, dass an den Temperaturpunkten durch mechanische Reizung das entsprechende Temperaturgefühl, also bei den Kältepunkten Kältegefühl, bei den Wärmepunkten Wärmegefühl hervorgerufen werden kann. Ich habe dies so vielfältig an mir und Anderen mit Erfolg ausgeführt, auch ist es von mehreren anderen Seiten bestätigt worden, so dass kein Zweifel über die Richtigkeit dieser Thatsache bestehen kann. Freilich wird es nicht Jedem am Anfange gleich gelingen; denn ein punktförmiges Temperaturgefühl ist uns überhaupt etwas Ungewohntes und daher nicht leicht aufzufassen. Die mechanische Erregung wird in der Weise ausgeführt, dass eine Nadel von Metall oder Glas flach zur Haut gehalten, in leichten Stössen gegen dieselbe bewegt wird. Blosser Druck führt zuweilen auch zum Ziele, ist aber nicht so geeignet wie Stösse. Es empfiehlt sich, zu diesem Versuch Hautstellen auszuwählen, welche gespannt werden können, z. B. Finger- und Handrücken, Gelenkgegenden. In der gespannten Haut wirkt die durch den Stoss gesetzte Erschütterung besser auf die Nervenendigung, weil das Unterhautzellgewebe weniger nachgiebig ist. Man ist, wenn man sich selbst beklopft, weniger gut im Stande, das entstehende Temperaturgefühl aufzufassen, als wenn man sich bei abgewandten Augen von einer anderen Person klopfen lässt; letzteres ist daher zu empfehlen. Man bezeichnet eine Anzahl von Punkten und lässt dann die beschriebene Manipulation an sich ausführen. Dieses Moment

ist wesentlicher, als es zunächst den Anschein hat, und so glaublich es mir ist, dass Viele beim ersten Beklopfen der Temperaturpunkte meine Angaben nicht bestätigen werden, so unzweifelhaft ist es mir, dass alle diese bei der Ausführung mit abgewandten Augen das Gefühl wahrnehmen werden. Man kann hierbei eine Beobachtung machen, welche die oben ausgesprochene Behauptung rechtfertigt, dass die Temperaturpunkte, d. h. die Endapparate in der That punktförmig sind. Der Farbenpunkt nämlich fällt im Allgemeinen viel breiter aus, als die Spitze des zur Erregung benutzten Instrumentes ist. Man kann demnach mit letzterer auf dem Farbenpunkt herumwandern und bemerkt dabei, dass häufig nur an einem bestimmten „Punkt des Punktes" die Empfindung mit Deutlichkeit zu produciren ist, — anzunehmenderweise also demjenigen, welcher gerade senkrecht über dem Endorgan liegt. Die Wärmepunkte sind meist schwerer zu erregen als die Kältepunkte und es ist auch die Auffassung des punktförmigen Wärmegefühls schwieriger und wird erst durch die Uebung eine sichere. Es beruht dies wohl darauf, dass die Qualität „Kalt" als solche einen grösseren Eindruck auf das Bewusstsein macht als die Qualität „Warm". Es ist klar, dass bei der mechanischen Erregung die Auffassung des Temperaturgefühls gestört wird durch das gleichzeitige Gefühl des Druckes und es ist daher der letztere möglichst schwach zu nehmen, jedoch sind manche Temperaturpunkte durch schwachen Stoss nicht erregbar, speciell erfordern die Wärmepunkte, wie schon gesagt, meist einen stärkeren Druck. Es empfiehlt sich daher die Regel, mit schwächstem Klopfen zu beginnen und dies allmälig stärker werden zu lassen. Uebrigens wird bei intensiveren Punkten, sobald die richtige Stelle getroffen ist, kein Gefühl des Druckes wahrgenommen, sondern lediglich ein Temperaturgefühl. Auch bei mechanischer Erregung finden sich Punkte mit schwacher und solche mit intensiverer Empfindungsstärke. Es kann ebensowohl ein eisiges wie ein kühles, ein brennendes wie ein laues Gefühl erfolgen. Bei Verstärkung des Stosses wird bis zu einem gewissen Grade Verstärkung der Empfindung wahrgenommen; dann hört das Temperaturgefühl ganz auf, indem es durch das Gefühl des Druckes zurückgedrängt wird. Eine Nachdauer der Empfindung ist bei mechanischer Erregung im Allgemeinen nicht zu beobachten, jedoch kommt sie hier und da vor. — Auf eine Cautele ist noch aufmerksam zu machen: hat man nämlich Temperaturpunkte bestimmt und bezeichnet, so muss man noch eine kurze Zeit lang warten, ehe man die mechanische Erregung vornimmt, da die durch die Reizung herabgesetzte Erregbarkeit auch auf die mechanische Erregung Einfluss übt. Die mechanische Erregung gelingt nicht an allen Temperaturpunkten, jedoch an der überwiegenden Mehrzahl.

Wenn in dem Vorhergehenden behauptet wurde, dass das entstehende Temperaturgefühl auf die mechanische Erregung der Nervenenden zurückzuführen ist, so geschah dies, weil eine andere Erklärung der Erscheinung nicht möglich erscheint. Denn wenn man einwenden wollte, dass bei Benutzung der Nadel für die Erregung der Kältepunkte dieselbe lediglich durch ihre Wärme ableitende Eigenschaft den Kältenerven gereizt habe, so ist doch diese Erklärung für die Erregung der Wärmepunkte durch die Nadel hinfällig. Ferner gelingt der Versuch in gleicher Weise, wenn man statt der Nadel ein gespitztes Hölzchen anwendet. Es ist mir auch in unzweifelhafter Weise gelungen, mit der angewärmten Nadel Kältegefühl zu erzeugen (einige Male auch mit der erhitzten!); hierzu muss man die Haut stark spannen, also z. B. die Rückenfläche der Fingergelenke bei Flexion der Finger benutzen und vor allem den Punkt ganz genau treffen. In entsprechender Weise habe ich mit der abgekühlten Nadel und mit dem nichterwärmten Messingcylinder von den Wärmepunkten Wärmegefühl durch mechanische Reizung erzeugen können.

Dass es sich um eine subjective Erscheinung, eine Illusion durch vorgefasste Meinung, um ein eingebildetes Gefühl[1]) nicht handelt, dies wird in unzweideutiger Weise durch die Methode der Untersuchung bei abgewandten Augen gezeigt.

Ob durch die mechanische Erschütterung die vorauszusetzenden Endorgane gereizt werden oder die Nervenfasern selbst, ist zunächst nicht zu entscheiden, jedoch dürfte das letztere wahrscheinlicher sein. Wir werden Gelegenheit haben, auf diesen Punkt noch einmal zurückzukommen.

Stellt man den Versuch so an, dass man es dem Gehülfen überlässt, bald zwischen den Punkten, bald auf denselben zu klopfen, so wird man sich überzeugen, dass man — es sei denn, dass bei der Bezeichnung Punkte übersehen worden waren — zwischen den Punkten nie ein Temperaturgefühl wahrnimmt und mit ziemlicher Sicherheit angeben kann, sobald ein Punkt getroffen ist. Man wird hieraus zugleich wieder einen neuen Beweis dafür entnehmen können, dass wirklich nur an den Temperaturpunkten Endigungen der Temperaturnerven vorhanden sind.

Auch mittelst des electrischen Stromes können die Temperatur-

---

[1]) Ich habe einmal einem jungen Mediciner, der nichts von meinen Untersuchungen und dem Gegenstande überhaupt wusste, einige Kältepunkte auf dem Arm bezeichnet; sodann liess ich ihn die Augen abwenden und betupfte ihn mit einem Zahnstocher. Als ich dabei auf den ersten Kältepunkt kam, rief er: „Das wird kalt!"

punkte erregt werden und zwar mittelst des inducirten.[1]) Angesichts der mechanischen Erregbarkeit nimmt die electrische nicht Wunder. Auch sie ist einfach zu constatiren und es ist nur wieder nöthig, das zu beachten, was schon bei der mechanischen Erregung hervorgehoben wurde, dass es nämlich eine gewisse Uebung erfordert, das entstehende „punktförmige" Temperaturgefühl als solches aufzufassen, besonders das Wärmegefühl, und dass es nothwendig ist, genau die Stelle des Nervenendes zu treffen. Anderenfalls nämlich fühlt man nur das durch die Reizung der Gefühlsnerven entstehende Prickeln. Um letzteres überhaupt möglichst auszuschalten, muss man die Stromstärke so schwach wie möglich wählen, ungefähr so, dass auf mässig empfindlichen Hautstellen wie z. B. am Arm eben ein leichtes Prickeln entsteht.

Als Reizelectrode kann man eine gewöhnliche Stahlnadel benutzen, welche mit der Spitze leicht auf die Haut aufgesetzt wird. Es gilt hier ebenso wie bei der mechanischen Erregung, dass das Temperaturgefühl schärfer aufgefasst wird, wenn man nicht selbst die Nadel führt und nicht das Aufsetzen derselben mit ansieht. Es ist wohl in Uebereinstimmung mit anderen ähnlichen Erscheinungen, dass durch das Mitwirken anderer Sinnesthätigkeiten und das Ablenken der Aufmerksamkeit auf die vorzunehmenden Manipulationen, welche zum Theil, nämlich in Bezug auf die Stärke des Druckes und das richtige Treffen des Punktes, eine gewisse Mühe erfordern, die Schärfe der Auffassung der entstehenden Empfindungen leidet. Es empfiehlt sich daher wieder, die Augen abzuwenden und von einer anderen Person die Nadelelectrode führen zu lassen; zunächst nach Bezeichnung von Punkten zwischen denselben hindurch und über sie hinweg, wobei man durch den Gegensatz des prickelnden oder ganz fehlenden Gefühles *zwischen* den Punkten gegen das kühle oder warme *auf* denselben sich des letzteren um so schärfer bewusst wird. Bei einiger Uebung gelingt es auch ohne vorherige Bezeichnung von Punkten solche, d. h. Stellen aufzufinden, wo das Prickeln zurücktritt und ein Temperaturgefühl an dessen Stelle rückt. Die Uebung spielt hierbei eine so bedeutende Rolle, dass einem, wenn man sich mehrere Tage lang wiederholt mit solchen Versuchen beschäftigt hat, die Erscheinung als eine höchst simple vorkommt, während ich selbst, wenn ich etwa vier Wochen lang ganz diese Untersuchungen ausgesetzt habe, zuerst Mühe habe, sie wieder an mir selbst zu constatiren.

Die verschiedene Intensität der Empfindung, mit welcher die Tem-

---

[1]) Dies ist auch von *Magnus Blix* festgestellt worden, der sich über eine mechanische Erregbarkeit jedoch nicht äussert.

peraturpunkte begabt sind, äusserst sich auch gegenüber der electrischen Erregung. An manchen intensiven, besonders Kältepunkten hört das sonst gefühlte Prickeln fast ganz auf und macht einem ziemlich reinen Temperaturgefühl Platz. An anderen Punkten tritt das Prickeln nur mehr oder weniger zurück gegen das Temperaturgefühl. Lässt man die Electrode eine Zeit lang auf dem Punkte ruhen, so tritt durch Ausbreitung des Stromes die Erregung der Gefühlsnerven wieder mehr in den Vordergrund, während das Temperaturgefühl in Folge der Ermüdung des Nerven schwindet. Lässt man den Strom anwachsen, so wird, ebenso wie bei der mechanischen Erregung, bis zu einem gewissen Grade das Temperaturgefühl stärker, zugleich nimmt aber auch die Erregung der umliegenden sensiblen Nerven zu und verdunkelt dann, besonders wenn die Schmerzgrenze erreicht wird, die Temperaturempfindung. Wenn man jedoch eine sehr erhebliche Stromstärke anwendet, so wird das Temperaturgefühl ein so lebhaftes, dass es den unter Umständen nicht unbedeutenden Schmerz übertönt; hierzu freilich ist es geeigneter, eine dem Strom weniger Widerstand bietende Electrode zu wählen, etwa das stumpfe Ende der Nadel aufzusetzen. Das Verfahren eignet sich besonders zur Electrisation der Wärmepunkte, welche dabei ein so brennend heisses Gefühl geben, dass über die factisch producirte Erregung der hier endigenden Wärmenerven kein Zweifel sich mehr aufdrängen kann. Ein nützlicher Wink für die Anstellung des Electrisationsversuches dürfe es noch sein, dass man möglichst solche Hautregionen wählt, welche bei geringer Druck- und Schmerzempfindlichkeit intensive Temperaturpunkte besitzen, wie Handrücken, Rücken des Vorderarmes, Stirn u. s. w. — Man kann bei dem Electrisationsversuch mit Benutzung der Nadelelectrode die Temperaturpunkte noch distincter reizen als bei der mechanischen Erschütterung, weil jede Verschiebung der Haut und die mit dem Eindruck verbundene Trichterbildung vermieden werden kann. Es ist daher diese Methode ganz besonders geeignet, um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dass von einem und demselben Punkt aus immer nur eine und dieselbe Qualität der Temperaturempfindung, entweder kalt oder warm, auszulösen ist; dass dagegen nicht selten von sehr nahe neben einander gelegenen Punkten aus entgegengesetzte Qualitäten durch die electrische Reizung producirt werden können. Hierdurch wird das klarste Licht verbreitet auf diejenigen Fälle, wo bei der Untersuchung mit dem Messingcylinder Kälte- und Wärmepunkte zusammenzufallen scheinen: es ist hier eben mittelst des adäquaten Reizes nicht möglich, eine genügend distincte Reizung auszuüben.

Man könnte bezüglich der Benutzung der Stahlelectrode behufs Er-

regung der Kältepunkte den Einwurf erheben, dass dieselbe auch ohne Electricität durch das hervorragende Wärmeleitungsvermögen ihres Materials die Kältepunkte reizen könne. In der That ist selbst die Nadelspitze im Stande, auf intensiven Kältepunkten durch blosse Wärmeentziehung ein kühles Gefühl hervorzurufen. Allein man kann sehr deutlich constatiren, dass dasselbe bei dem Durchströmen der Electricität sofort stärker wird, und dass es ferner, wenn es nach einer gewissen Dauer der Application der blossen Nadel erloschen ist, sofort beim Schliessen des Stromes von Neuem und stärker angefacht wird[1]). Dies ist ganz besonders deutlich, wenn man starke Ströme und das stumpfe Nadelende in der oben beschriebenen Weise benutzt. Es bedürfte kaum noch eines anderen Nachweises, dass das electrische Kältegefühl nicht etwa blos der Berührung mit der Metallelectrode zu danken ist; jedoch habe ich noch folgendes Verfahren in Anwendung gezogen, welches sich im Grunde nicht wesentlich von dem vorigen unterscheidet: Man betupft eine Anzahl nicht allzu nahe an einander gelegener Kältepunkte mit einem Brei aus Eisenfeilspähnen und Wasser in möglichst distincter Weise; dann bepinselt man die Haut mit einer spirituösen Schellacklösung, indem man die Tüpfelchen von Eisenbrei sorgfältig frei lässt, und packt sodann auf die getrocknete Schellackschicht, den Punkten entsprechend, grössere Massen Eisenbrei, welche dann vermittelst der erst applicirten Häufchen mit den Punkten in Verbindung stehen. Hierbei entsteht ein vorübergehendes Kältegefühl. Man schliesst nun den Strom, indem man die Electrode in Contact bringt mit den Eisenbreimassen, und hat dann bei gut gelungener Isolirung ein deutliches Kältegefühl. Dieses Verfahren gelingt nicht jedes Mal, weil es nicht immer möglich ist, die Häufchen von Eisenbrei genau an den Kältepunkt und möglichst wenig über diesen hinaus anzuheften, jedoch da es überhaupt gelingt, so ist damit der Sache Genüge gethan. Im Uebrigen würde ja auch der Einwurf, dass die Metallelectrode an und für sich schon die Kältepunkte erregt, seine Spitze verlieren Angesichts der electrischen Erregung der Wärmepunkte mittelst derselben Electrode; es dürfte kaum einen Zweck haben, das, was die Electricität gegenüber den Wärmenerven leistet, für die Kältenerven anzuzweifeln. Unter diesen Umständen ist auch kein Grund vorhanden, die Metallelectrode für die Electrisation der Kältepunkte etwa nicht zu benutzen, wenn die Methode auch als eine von

[1]) Blix begegnet diesem Einwurf in folgender Weise: er zerstreut mit dem Pulverisator Tröpfchen über die Haut und taucht die Electrode in diese. Jedoch kann diese Methode als besonders exact nicht gelten, da nur ein kleiner Theil dieser Tröpfchen zufällig auf Temperaturpunkte fallen wird und bei diesen ferner eine Controle durch den adäquaten Reiz nicht möglich ist.

allen Nervenwirkungen reine, im strengsten Sinne exacte, nicht hingestellt werden kann.

Anaesthesie der Temperaturpunkte gegen Druck- und Schmerzreize.

Eine weitere wichtige Eigenschaft der Temperaturpunkte ist, dass auf denselben eine schwache Berührung nicht wahrgenommen wird. Man kann, um dies zu prüfen, eine Glasnadel, ein zugespitztes weiches Hölzchen, ein gespitztes, auf eine Nadel gespiesstes Korkplättchen verwenden. Man wird sich auf diese Weise bei einem Theile der Temperaturpunkte deutlich überzeugen, dass vorsichtige Berührungen mit diesen Gegenständen nicht wahrgenommen werden; hier und da wird man sie auch gegen etwas stärkere Berührung insensibel finden. Auch diese Beobachtung macht sich leichter blind, denn es ist an und für sich schon schwer und etwas für uns Ungewohntes, die feinsten Nüancen unserer Hautsinnesempfindungen aufzufassen. Das Hölzchen oder die Nadel muss hierbei möglichst senkrecht gehalten werden, damit ein Anlegen der Hautfläche an dieselbe vermieden wird. — Wenn die Erscheinung auch nicht bei allen Temperaturpunkten zu bestätigen ist, so ist es, bei der Erwägung, dass in der unmittelbarsten mikroskopischen Nachbarschaft der Endorgane Berührungsnerven sich finden können, merkwürdig genug, dass diese Beobachtung sich überhaupt machen lässt, und es lässt dies zweifellos den Schluss zu, dass die Temperaturnerven selbst jedenfalls ein Berührungsgefühl nicht geben können. — Es ist wohl kaum nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass bei dieser Untersuchung die Bezeichnung des Punktes mit Farbe unterbleiben muss, da die Farbendecke eine gewisse Abschwächung der Sensibilität herbeiführen könnte, vielmehr empfiehlt es sich, die Punkte dadurch zu markiren, dass man sie mit Ringen umgiebt. Auch darf man nicht die Sensibilitätsprüfung unmittelbar nach dem Aufsuchen der Punkte vornehmen, da durch das Einwirken der Temperaturen für eine gewisse Zeitdauer die Empfindlichkeit auch gegen Berührung geschwächt wird.

Es hat sich ferner gezeigt, dass die Temperaturpunkte auch nicht fähig sind zu einer Schmerzempfindung. Es kann dies festgestellt werden mittelst senkrechten Einstechens von sehr fein gespitzten Nadeln. Man findet, namentlich an Hautregionen mit grober Empfindlichkeit, nicht selten Punkte, wo man beim Einstechen nicht die Empfindung eines schmerzhaften Stiches hat, ja, wo man überhaupt, auch bei tiefem Einstechen, nicht das Geringste fühlt. Zu diesen schmerzlosen Punkten gehören nun auch die Temperaturpunkte. Es ist dabei jedoch wieder

von Neuem wie oben hervorzuheben, dass man die Erscheinung der Schmerzlosigkeit bei Nadelstich nicht bei allen Temperaturpunkten feststellen kann, und es hat dies nichts Wunderbares, wenn man die Configuration der sensiblen Nervenenden in der Haut, wobei unmittelbar an diejenigen der Temperaturnerven solche der Berührungsnerven grenzen können, sich vorstellt. Man findet demgemäss diese Eigenschaft der Temperaturpunkte am wenigsten an Hautregionen, welche durch Schmerzempfindlichkeit hervorragen. — Bei der Analgesie der Temperaturpunkte bestätigt sich übrigens wieder das, was bei der mechanischen und electrischen Erregbarkeit bereits betont wurde, dass nämlich der wahre anatomische Temperaturpunkt, d. h. derjenige, welcher die genaue Projection des in der Haut gelegenen empfindlichen Endapparates auf die Hautoberfläche darstellt, ein sehr distincter Punkt ist, denn man findet häufig den Farbenpunkt nur an einer bestimmten Stelle schmerzlos, in der übrigen Ausdehnung aber schmerzempfindend. Diese, in der That „punktförmige" Analgesie zusammengenommen mit den Beobachtungen über die distincte Localisation bei der mechanischen und electrischen Erregung ist wohl ein hinreichender Beweis dafür, dass den auf der Hautoberfläche mittelst des adäquaten Reizes gefundenen Temperaturpunkten, mit ihren Annäherungszonen und ihrem irradiirenden Gefühl, relativ eng umgrenzte, für unsere makroskopische Denkweise echt punktförmige Dinge entsprechen. Selbstredend sind die Endapparate der Temperaturnerven wahrscheinlich noch erheblich kleiner als ein solcher Punkt: der analgetische Punkt bezeichnet ja nicht die Extensität des temperaturempfindlichen Endapparates, sondern lediglich die Grösse der Lücke in der Masse der schmerzempfindlichen Nervenfasern.

Auch gegen den durch faradische Ströme producirten Schmerz zeigen die Temperaturpunkte dieselbe Eigenschaft. Freilich wirkt der Strom nicht blos in senkrechter Richtung und ist demgemäss auch eine absolute Analgesie nicht zu erzielen; jedoch wenn man den Strom so stark macht, dass bei jedem Aufsetzen der Nadelelectrode ein stechender Schmerz entsteht, so wird man eine Stelle des Punktes auffinden können, wo ein ganz deutlicher Nachlass der Schmerzempfindung eintritt. Ich habe hierbei natürlich auch in Rechnung gezogen, ob nicht die Farbe den Strom abschwäche und gefunden, dass dies bei meinen Farben nicht der Fall ist, während es z. B. bei den gewöhnlichen groben Tuschfarben allerdings stattfindet.

Man kann nicht selten die Beobachtung machen, dass bei sehr intensiven Punkten einerseits die mechanische Erregbarkeit, andererseits die Analgesie in einer grösseren Breite als gewöhnlich nachzuweisen ist. Es

hat mich dies auf den Gedanken geführt, dass den intensiveren Punkten ein grösserer anatomischer Complex von Endapparaten bez. Endigungen entsprechen möchte.

Ganz analog verhalten sich nun die Temperaturpunkte gegen den Temperaturschmerz. Es könnte absurd erscheinen, behaupten zu wollen, dass die Temperaturnerven keinen Temperaturschmerz wahrnehmen. — Dennoch stehe ich nicht an, diese Ueberzeugung auszusprechen. Die Untersuchung, um welche es sich hier handelt, kostet eine gewisse Ueberwindung; betrachtet man aber den Schmerz als eine Sinnesempfindung, welche ebenso gut wie jede andere den Anspruch hat, studirt zu werden, so bleibt nichts anderes übrig, als sich ihm zu unterziehen. Ich habe nun gefunden und es immer wieder bestätigen können, dass der durch excessive Hitze verursachte Schmerz an den Temperaturpunkten schwächer wahrgenommen wird als in der Umgebung derselben. Tastet man mit dem stark erhitzten Cylinder die Haut ab, so entsteht bei jedem Aufsetzen desselben ein unerträglich stechender Schmerz; sobald man auf einen Temperaturpunkt kommt, schwindet der Charakter des Unerträglichen; man hat zwar ebenfalls ein stechendes Gefühl, aber ohne den heftigen Schmerz, man könnte den Cylinder gleichsam auf dem Punkte ruhen lassen; zuweilen vermisst man sogar fast jeden Schmerz. An Wärmepunkten tritt natürlich nebenbei ein brennendheisses Gefühl ein, aber dieses ist eben nur eine hochgradige Wärmequalität, keine Schmerzqualität. — Wenn die Analgesie gegen Temperaturschmerz auf der einen Seite in Uebereinstimmung erscheint mit derjenigen gegen mechanisch erregten Schmerz, so muss man andererseits den Schluss ziehen, dass das, was man als Temperaturschmerz bezeichnet, nicht der Qualität der Temperaturempfindung angehört, sondern ein Zusammengesetztes ist aus letzterer und Schmerz, welcher durch Erregung der allgemein sensiblen schmerzempfindlichen Nerven, und zwar mittelst der excessiven Temperatur als allgemeinen Nervenreizes producirt ist. Wohl aber kann eine Temperaturempfindung Lust und Unlust erwecken, die Wärme kann behaglich und unbequem, die Kühlung angenehm und unangenehm sein; es giebt Körperstellen, wo eine nur mässige Erregung eine's Kältepunktes unbehaglich und die Application einer winzigen Metallfläche höchst unangenehm ist und Reflexbewegungen verursacht — aber dies ist kein Schmerz, ebenso wenig wie ein übler Geruch oder das Gefühl der Blendung Schmerz ist. Ist die Temperatur dagegen so excessiv kalt oder warm, dass sie nicht blos Unlust, sondern reellen Schmerz verursacht, so wirkt sie eben nicht blos auf auf die Temperaturnerven als adäquater, sondern auch auf die Gefühlsnerven als allgemeiner Nervenreiz.

Nach diesen Beobachtungen ist es wohl gestattet, die Behauptung aufzustellen, dass die Temperaturpunkte, soweit es bei der Complicirtheit des in der Haut befindlichen Nervengeflechtes möglich ist dies nachzuweisen, Lücken darstellen in dem Berührungs-, Druck- und Schmerzsinn; und dies kann seine Ursache nur darin haben, dass die dem letzteren Sinne dienenden Nerven an jenen Punkten weniger bez. gar nicht vertreten sind und dass die dort befindlichen Temperaturnerven nicht fähig sind, die Empfindungen der Berührung, des Druckes, des Schmerzes zu produciren. Dieses letztere ist das für uns Interessanteste und lehrt uns, dass die durch ihre besondere Art der Anordnung von den übrigen Hautnerven oben bereits als gesondert erkannten Kälte- und Wärmenerven nicht etwa allgemein sensible Hautnerven sind, welche die Kälte- und Wärmeempfindlichkeit als eine besondere Zugabe besitzen, sondern dass sie ganz specifische Sinnesnerven sind, derart, dass die Kältenerven nur die Empfindung Kalt und keine andere, und die Wärmenerven nur die Empfindung Warm und keine andere dem Bewusstsein zuleiten oder vielmehr in ihm anregen können.

Nachdem diese Eigenschaften der Temperaturpunkte mitgetheilt sind, müssen wir uns noch einmal zu der anatomischen Anordnung derselben wenden. — Es war bereits oben erwähnt, dass man leicht in die Lage kommt, getrennte Punkte an einen Ort zu setzen, wo continuirliche Temperaturempfindung vorhanden ist, andererseits aber auch hervorgehoben, dass sich Stellen finden, wo eine Trennung in Punkte nicht möglich ist. Speciell wird die Localisation derselben in einer dichten Kette leicht fehlerhaft; prüft man eine solche, ohne Punkte zu setzen, so findet man sie nicht selten in ihrer ganzen Ausdehnung temperaturempfindlich; wie eine schmale kalte oder warme Zone zieht sie sich durch die Sinnesfläche hin. Wenn man eben dieselbe nun mit einem schwächeren Temperaturreiz prüft, z. B. eine anscheinend continuirliche Kältepunktkette mit dem Aetherpinsel, so findet man nur einzelne mehr oder weniger weit von einander entfernte empfindliche Punkte; mit einem stärkeren Kältereiz deren mehr, während sie mit einem noch stärkeren, wie gesagt, ganz und gar kälteempfindlich erscheint. Es entsteht nun die Frage: Sind hier einzelne Punkte vorhanden, welche durch das Annäherungsgefühl jedes einzelnen bei einer gewissen Stärke des Reizes mit einander verbunden erscheinen, oder ist ein Continuum da, dessen Empfindlichkeit aber nicht gleichmässig ausgebildet ist? Es liegt nahe, für diese Frage die mechanische Erregbarkeit, sowie die Analgesie der Temperaturpunkte heranzuziehen. Ich habe bei derartigen Versuchen dann stets gefunden, dass auch innerhalb der dichtesten Kette, welche bei Reizen von einer gewissen Stärke continuirlich erschien, nur eine

Anzahl distincter Punkte mechanisch oder electrisch erregt Temperaturgefühl gaben. Diese Versuche wurden in der Weise vorgenommen, dass eine andere Person, während ich selbst die Augen abwandte, die vorher aufgezeichnete Kette mechanisch bez. electrisch prüfte; die empfindenden Punkte wurden besonders bezeichnet. Es zeigte sich ferner, dass nicht blos eine bestimmte Anzahl getrennter Punkte erregbar waren, sondern dass auch bei Wiederholung des Versuches eben dieselben immer wieder angegeben wurden. Meist lagen diese Punkte in einem etwas grösseren Abstande von einander entfernt, als gewöhnlich die Punkte einer dicht gedrängten Kette bezeichnet zu werden pflegen. Ausser diesen erregbaren Punkten nun fanden sich bei Prüfung mit der Nadel bez. Nadelelectrode stets eine Anzahl schmerzhafter Punkte in den Ketten, während eine andere Zahl analgetisch waren; einige Male zeigten sich zwei in ganz naher Distanz von einander befindliche Kältepunkte durch einen schmerzempfindlichen Punkt getrennt. In anologer Weise wurden Stellen untersucht, welche über eine gewisse Fläche hin eine continuirliche Kälteempfindlichkeit zeigten. Auch an diesen fand sich eine Anzahl von getrennten mechanisch bez. electrisch erregbaren und daneben Schmerz empfindende Punkte; ich konnte bis zu 10 mechanisch erregbaren Punkten in solchen Kältefeldern nachweisen. Man kann nun einwenden, dass überhaupt bei vielen Temperaturpunkten die mechanische Erregung nicht gelingt; ich habe mir selbst unter anderem notirt, dass ich in einer 2 mm langen Kältepunktlinie keinen einzigen mechanisch erregbaren Punkt gefunden habe. Allein der Befund der Schmerz emempfindenden Punkte innerhalb der Kette zeigt doch deutlich, dass dieselbe nicht blos Temperaturnerven, sondern auch Lücken derselben enthält, welche mit sensiblen Fasern gefüllt sind. Es giebt Kältepunktlinien, welche sich auch bei schwachem Reiz, z. B. mit Aetherpinsel, als continuirlich empfindend erweisen. Hier habe ich dann immer sehr viele, zum Theil äusserst dicht hinter einander stehende mechanisch erregbare Punkte gefunden. Es finden sich häufig Stellen, wo zwei Punktketten ziemlich dicht neben einander verlaufen; man kann hier stets constatiren, dass an dem schmalen Zwischenstück die Schmerzhaftigkeit auf Nadelstiche eine viel grössere ist als innerhalb der Ketten.

Wenn ich demnach weder die mechanisch und electrisch erregbaren Punkte allein, noch die schmerzhaften und analgetischen allein als Beweis betrachten würde, so möchte ich doch aus dem Wechsel der erregbaren und analgetischen Punkte mit schmerzempfindlichen in der Weise, wie er sich bei der Untersuchung darstellt, und aus der Thatsache, dass sich dieser Wechsel innerhalb einer Kette oder einer Fläche genau so verhält, wie in den Fällen, wo zwischen zwei Ketten ein schmaler

Zwischenraum besteht, schliessen, dass in der That kein Continuum, sondern getrennte Punkte da sind, d. h. getrennte Endorgane. Auch bei den Ketten, welche sich bei schwachen Temperaturreizen als continuirlich erweisen, ist eine Anordnung getrennter Endorgane vorhanden, denn eine schmerzfreie Kette kommt nicht vor. Es ist ja auch sehr einleuchtend, dass die Dichtigkeit der Anordnung dieser anatomischen Gebilde, welche wir als Endapparat voraussetzen müssen, eine sehr verschiedene sein kann; es ist vorstellbar, dass dieselben einander so nahe rücken, dass ihre Trennung für den Temperaturreiz durchaus nicht zu erweisen ist. Der mechanische resp. electrische Reiz kann dies in vollkommenerer Weise, weil er einerseits mehr punktförmig, andererseits ausschliesslicher senkrecht wirkt. So kann man ihn überhaupt zur Controle der Temperaturpunkte verwenden und man findet dann nach einer anscheinend sorgfältig gemachten Punktaufnahme doch hier und da den mechanisch-erregbaren Punkt nicht zusammenfallend mit dem Farbenpunkt, sondern dicht daneben.

Specifische Energie der Temperaturnerven.

Kehren wir nach diesem die anatomische Anordnung der Temperaturpunkte betreffenden Nachtrag, welcher erst jetzt gegeben werden konnte, weil er die Kenntniss der mechanischen und electrischen Erregbarkeit, sowie der Analgesie voraussetzt, zu den unterbrochenen Betrachtungen zurück. Es war nachgewiesen worden, dass die Kälte- und Wärmenerven specifische Sinnesnerven sind, insofern sie nur Träger einer einzigen Empfindungsqualität sind. Die mechanische und electrische Erregbarkeit lehrt nun hierzu noch, dass diese einzige Qualität nicht blos durch den adäquaten Reiz, den Temperaturreiz, sondern auch durch die allgemeinen Nervenreize hervorgerufen werden kann, welche überhaupt im Stande sind, einen Nerven in Erregung zu versetzen. Es folgt daraus, dass diesen Nerven nur ein Erregungszustand eigen ist, und dass diesem einzigen Erregungszustand, gleichviel wie er veranlasst ist, die einzige specifische Empfindung folgt. Dies ist nun das, was die Lehre von den specifischen Energieen in ihrer modernen, von Helmholtz begründeten Form für die Sinnesnerven lehrt und von ihnen postulirt.

Es war bereits oben die Frage berührt worden, ob bei der mechanischen und electrischen Erregung die Endapparate oder die Nervenenden selbst erregt werden. Diese Frage hat eine gewisse Bedeutung

für das Gesetz der specifischen Energieen. Wenn man annimmt, dass die Nervenfaser nicht direct durch den allgemeinen Nervenreiz erregt wird, sondern nur vom Endapparat her, so beruht dies auf der Voraussetzung, dass durch den mechanischen und electrischen Reiz in dem Endapparat ein entsprechender Vorgang erzeugt ist, wie durch den adäquaten Reiz. Denn der Begriff des Endorgans ist doch der, dass dasselbe durch einen bestimmten, den sogenannten adäquaten Reiz, in einen veränderten Zustand geräth, welcher derartig beschaffen ist, dass er in der Nervenfaser den Nervenprocess erzeugt. Diesem Begriff widerspricht es durchaus, dass das Endorgan nun durch jeden anderen Reiz sollte in denselben Zustand gebracht werden. So wenig ich mir vorstellen kann, dass der mechanische Reiz die Lamellen des Corti'schen Organs in denselben Schwingungszustand versetzen kann wie der Ton, so wenig kann ich mir denken, dass der Nadelstoss in den Endorganen der Kälte- und Wärmenerven dieselbe Veränderung hervorbringen sollte wie die Temperaturreize. Es liegt nahe zu glauben, dass die Endapparate der Kältenerven durch Verdichtung, die der Wärmenerven durch Ausdehnung auf die Nervenfaser wirken und es dürfte doch schwierig sein sich vorzustellen, wie beide entgegengesetzten Vorgänge durch denselben mechanischen Stoss hervorgebracht werden sollten. Dagegen wissen wir von den motorischen Nerven, dass die Nervenfaser selbst durch mechanische sowohl, wie electrische und chemische Reize zu erregen ist. Die Irritabilität der Nervenfaser und der Endapparate hat einen gegensätzlichen Charakter: erstere ist durch die verschiedensten Reize erregbar, letztere sind nur auf einen bestimmten Reiz eingerichtet. Es ist mir nach dieser Auffassung unvorstellbar, dass die mechanische und electrische Reizung vermittelst der Endorgane auf die Temperaturnerven wirken sollte.[1])

Zu den Postulaten der Lehre von den specifischen Energieen gehört nun auch, dass der Erregungszustand, auch wenn er durch einen auf den Nervenstamm an irgend einer Stelle des Verlaufs einwirkenden allgemeinen Reiz hervorgebracht ist, das Bewusstsein zu derselben specifischen Empfindung anregen muss. Ueber die electrische Erregung der

---

[1]) Ich habe diesen Punkt deshalb hier besonders hervorgehoben, weil Eulenburg mir gegenüber die entgegengesetzte Auffassung geltend gemacht hat, wonach die allgemeinen Nervenreize auch auf die Endapparate wirken sollen (Monatshefte für praktische Dermatologie. 1885. IV. Bd. Nr. 1.) Dass dieselben auch auf die Endapparate wirken, ist ja unzweifelhaft; es fragt sich nur, ob letztere dabei eine derartige Veränderung erleiden, dass diese in der Nervenfaser den Nervenprocess anzuregen im Stande ist.

Temperaturnerven finden sich folgende Angaben, die ich in meiner Dissertation zusammengestellt habe: Ritter beobachtete (an Volta'scher Säule) während der Schliessung beim aufsteigenden Strom Wärme, beim absteigenden Kälte und nach der Oeffnung Umkehrung dieses Verhältnisses. du Bois-Reymond fühlte bei einer Zinkkupfersäule von 150 Paaren während der ganzen Dauer des Stromes „Fluthen von Wärme und Schauer von Kälte" in den Armen. v. Vintschgau bemerkte bei Galvanisirung der Zunge unter Umständen Gefühle des Warmen und Kühlen. Ich selbst konnte bei Schliessung des Stromes, schon von 12 Elementen an, Wärmegefühl und zwar im Arm der Anode, constatiren, während ich Kälte nicht wahrnehmen konnte.

Es war ganz besonders nach der Angabe von du Bois-Reymond höchst wahrscheinlich, dass durch starke Ströme die Empfindungen von Wärme und Kälte producirt werden könnten und dass dabei eine directe Wirkung des Stromes auf die fraglichen Temperaturnerven vorläge. Jedoch erschien es mir nothwendig, dass dies in noch deutlicherer Weise nachgewiesen werden müsste und zwar derart, dass an jedem Nervenstamme, welcher voraussichtlich doch gemischt Gefühlsnerven und Temperaturnerven führte, diese letzteren mit derselben Prägnanz wie die ersteren müssten erregt werden können.

Ich benutzte den inducirten Strom, und, um die Nervenstämme möglichst für sich treffen zu können, nicht die gewöhnlichen mehr minder breiten Electroden, sondern eine möglichst kleine, und es erwiesen sich mir als vollkommen zweckdienlich einfach die an den Leitungsschnüren zum Einschrauben derselben befindlichen Metallstifte mit einer Grundfläche von 0,15—0,2 cm Durchmesser. Ich hatte auch nebenbei die Vorstellung, dass es mit einer solchen schmalen Electrode sich glücklichen Falles ereignen könne, dass ein zusammenliegendes Bündel von Temperaturnerven für sich getroffen würde. Bedient man sich einer solchen Electrode und wendet schwache, mässige oder auch starke Ströme an, so bekommt man an einem Nervenstamm stets nur das bekannte excentrische, d. h. in der peripherischen Ausbreitung des Nerven gefühlte Prickeln. Erst wenn man Ströme von solcher Stärke anwendet, wie wir sie sonst bei derartigen Untersuchungen nicht zu gebrauchen pflegen, dass sie nämlich nur noch gerade zu ertragen sind, so gelingt es in der That, höchst deutliche excentrische Kälte- und Wärmeempfindungen zu erzeugen.

Sobald man sich mit dem Stift einem grösseren sensiblen Nervenstämmchen nähert, entsteht in der peripherischen Ausbreitung desselben das bekannte Prickeln, welches, wenn der Stift ungefähr direct auf den Nerven drückt, in heftiges Stechen übergeht; zugleich tritt meist

ein localer ziehender, oft unerträglicher Schmerz ein. Schiebt man nun den Stift vorsichtig mit der Haut über die Unterlage, d. h. über die unter dem subcutanen Gewebe liegenden Weichtheile nach den verschiedensten Richtungen, bald mässig, bald tief eindrückend, so findet man eine Stellung des Stiftes heraus, bei welcher deutliche Empfindungen von Kälte und Wärme in der peripherischen Ausbreitung des Nerven entstehen. Die Temperaturempfindung nimmt dabei nur selten ein ebenso grosses Gebiet ein wie das prickelnde Gefühl, meist nur einen mehr minder grossen Abschnitt desselben; nicht selten tritt, sobald der richtige Punkt gefunden ist, das Prickeln und Stechen zurück gegen das Temperaturgefühl. Sehr wichtig ist bei diesen Versuchen, dass man das locale Gefühl an der Aufsatzstelle des Stiftes völlig ignorirt, auch trotz des oft sehr heftigen Schmerzes, und seine Aufmerksamkeit lediglich auf das excentrische Gefühl richtet. Vorwiegend und am leichtesten nimmt man excentrische Kälte wahr. Hat man diese Empfindung in einem bestimmten peripherischen Gebiete erzeugt, so muss man, um in eben demselben Wärmeempfindung zu haben, den Stift wieder in mannigfaltiger Weise sehr langsam verschieben, heben und senken, die Stromstärke variiren; nicht selten erfolgt Wärmegefühl bei noch grösserer Verstärkung des Stromes. Die Temperaturempfindung giebt sich entweder in der Form kalter und warmer Punkte zu erkennnen oder als flächenhaftes Temperaturgefühl — ein Zeichen, dass ein grösseres zusammenliegendes Bündel von Temperaturfasern getroffen ist.

Die electrische Erregung der Temperaturnerven ist mir an allen grösseren Nervenstämmen, wo ich sie überhaupt versucht habe, auch gelungen, so beim N. ulnaris am Ellbogen, bei dem N. peroneus superficialis an der Dorsalfläche des Fussgelenks, dem N. tibialis unter dem inneren Knöchel. Am bequemsten und relativ am leichtestem ist sie jedoch zu constatiren an den kleineren Nervenstämmchen; so am Handrücken bei den kleinen Aesten, welche die Finger versorgen; an der Volarfläche des Handgelenks; endlich auch höher herauf an der Volarfläche des Vorderarmes in seinem unteren Drittel. Ist nun die Electrisation der Temperaturnerven überhaupt möglich, so müsste sie in dem ganzen Verlauf eines Nervenstammes an jedem Punkte desselben nachweisbar sein. Dennoch hat sich mir ergeben, dass man in Wirklichkeit nur von gewissen Stellen aus deutliche excentrische Temperaturempfindungen bekommt, während von den dazwischenliegenden Abschnitten des Nervenstammes aus diese nicht zu Stande kommen. Es ist wohl möglich, dass hier einerseits Lagerungsverhältnisse des Nervenstammes überhaupt, andererseits vielleicht solche der in ihm enthaltenen Temperaturfasern eine Rolle spielen. Bei den Unbequemlich-

keiten, welche diese Art der Untersuchung hat, ist es auch nicht immer leicht, mit Sicherheit ein negatives Urtheil dahin auszusprechen, dass von bestimmten Stellen aus eine Erregung nicht möglich ist. Ferner hat man an manchen Stellen nicht selten ein derartig schwach ausgeprägtes excentrisches Temperaturgefühl, dass man Angesichts der gleichzeitig erregten Gefühls- und Schmerzsensationen nicht genau darüber schlüssig werden kann, ob man das Gefühlte wirklich der Temperatursinnqualität zurechnen kann. Diese Umstände mögen es erklären, dass sich mir eine Anzahl von bestimmten Punkten ergeben hat, von denen aus ich mit unzweifelhafter Deutlichkeit excentrisches Temperaturgefühl wahrgenommen habe. Ich habe diese Punkte — zu denen noch die an Ellbogen und Fuss gefundenen Stellen hinzuzurechnen sind — aufgezeichnet*) und bemerke nur — was bei der Erwägung der eben angeführten Verhältnisse selbstverständlich ist —, dass ich keineswegs diese Punkte als feststehende, auch bei jeder anderen Person geltende und einzige hinstellen will, sondern nur den Beweis zu liefern beabsichtige, dass die in Rede stehende electrische Erregung der Temperaturnerven sich in voller Exactheit und in Uebereinstimmung mit den anatomischen Verhältnissen nachweisen lässt. Was die letzteren betrifft, so habe ich die Versuche keineswegs mit der bewussten Tendenz, die Beziehungen zum anatomischen Nervenverlauf im Detail nachzuweisen, vorgenommen — habe mir also nicht vorher ein Bild davon gemacht, was ich an jedem Electrisationspunkt nach Maassgabe seiner Lage zu erwarten hätte —, sondern habe völlig empirisch die Oberfläche abgesucht, das Wahrgenommene notirt und die Beziehungen zum Nervenverlauf erst bei der Aufzeichnung mir zum Bewusstsein gebracht.

Ich habe nicht von allen diesen Punkten aus Kälte- und Wärmegefühl erzeugen können, sondern nur bei einem Theile derselben, allerdings dem grösseren, beide Sensationen; von anderen nur Kälte; hier und da findet man übrigens auch Stellen, wo nur excentrisches Wärmegefühl producirt wird. Zuweilen findet man an demselben Punkte, wo heute blos Kältegefühl zu produciren ist, morgen Wärmegefühl sehr deutlich. Häufig wogen Kälte- und Wärmegefühl durch einander, in einer Art von Wettstreit, wie er auch bei anderen Sinnesempfindungen vorkommt, so dass bald die Kälteempfindung, bald die Wärmeempfindung die Oberhand hat. Vielfach tritt auch, wie schon oben angedeutet, das Wärmegefühl an die Stelle des Kältegefühls, wenn man die Stiftelectrode etwas verschiebt oder eindrückt. Es ist bei der Beurtheilung dieses Verhält-

*) Die Figg. sind im Abdruck weggelassen worden.

nisses Folgendes zu erwägen: Da zweifellos in einem sensiblen Nervenstamm Kälte- und Wärmenerven zusammen verlaufen — sei es, dass sich die Fasern jeder Qualität zu beisammenliegenden Bündeln vereinigen, sei es, dass sie unter einander gemischt sind —, so müssten bei der Electrisation des Nervenstammes beide Nervenarten gleichzeitig erregt werden, und man müsste demgemäss an dem peripherischen Ausbreitungsgebiet des Nerven gleichzeitig Kälte- und Wärmeempfindung haben. Dass nun das Kältegefühl überwiegt, leichter und häufiger gefühlt wird und das Wärmegefühl nicht selten ganz fehlt, könnte man damit zu erklären versuchen, dass die Kältenerven oberflächlicher liegen oder dass die Wärmenerven überhaupt schwerer erregbar seien. Für beides liegt jedoch sonst gar kein Anhalt vor. Es ist nun schon mehrfach darauf hingewiesen worden, dass die Auffassung des Wärmegefühls an sich schwieriger ist als die des Kältegefühls, weil letzteres einfach durch die Qualität der Empfindung als solche einen grösseren Eindruck auf das Bewusstsein macht. Den in Rede stehenden Verhältnissen angepasst heisst dies, dass wenn Kälte- und Wärmenerven sich in einem gleich starken Erregungszustande befinden, der Grad der empfundenen Wärme uns relativ geringer erscheint als derjenige der empfundenen Kälte. Hierzu kommt noch der wichtige Umstand, dass die Anzahl der Wärmenerven überhaupt im Allgemeinen erheblich geringer ist als die der Kältenerven — was oben schon bei den Punkten mehrfach angedeutet wurde und später noch ausführlicher behandelt werden wird.

Bedenkt man nun, dass die Seele doch durch keine Erfahrung daran gewöhnt ist, an einer und derselben Stelle der Haut zu gleicher Zeit Kälte und Wärme zu fühlen und dass eine solche gleichzeitige Empfindung wahrscheinlich überhaupt eine unmögliche Sinnesleistung ist, so nehmen unter Berücksichtigung der vorher angeführten Momente die Erscheinungen bei der Electrisation der Temperaturnerven nicht mehr Wunder. Denn wenn nun eine gleichzeitige, anzunehmender Weise gleich starke Erregung von Kälte- und Wärmenerven des gleichen Gebietes dem Sensorium zugeleitet wird, so wird die Kälteempfindung in den Vordergrund treten, weil sie überhaupt einen stärkeren psychischen Eindruck macht, weil die Kältenerven an Zahl überwiegen und weil die Seele nur die eine von beiden Empfindungen in einem Moment auffassen kann. Unter günstigeren Umständen fasst das Sensorium zeitweise die Wärmeempfindung schärfer auf und das Kältegefühl tritt zurück; durch diesen Wechsel entsteht der Wettstreit. Wird eine Application der Electrode gefunden, bei welcher der Strom die Wärmenerven besonders günstig trifft oder die Kältenerven besonders ungünstig,

so kann dadurch ebenfalls eine bevorzugte Auffassung des Wärmegefühls bewirkt werden. An manchem kleinen Gebiete halten die Wärmenerven den Kältenerven das Gleichgewicht; dann wird man Stellen finden, wo das Wärmegefühl bei electrischer Erregung auffallend in den Vordergrund tritt. Auch der Umstand, dass man nicht selten an derselben Stelle in der einen Sitzung die eine, in einer anderen die andere Qualität des Temperaturgefühles findet, spricht dafür, dass die psychischen Auffassungsverhältnisse eine Rolle hierbei spielen.

Es ist bei der Anstellung und Beurtheilung dieser Versuche nothwendig die Möglichkeit folgender Sinnestäuschung zu berücksichtigen. Wenn nämlich gerade an der Aufsatzstelle der Electrode intensivere Temperaturpunkte liegen und also stark erregt werden, wobei sie, wie oben gezeigt, ein lebhaftes locales Temperaturgefühl geben, und zugleich durch Electrisation des an dieser Stelle verlaufenden Nerven einfach excentrische Sensation der Gefühlsnerven producirt wird, so wäre es denkbar, dass sich beide Gefühle im Bewusstsein mischten zu einer excentrischen Temperaturempfindung. Man findet in der That Stellen, wo dieser angenommene Fall mit der angenommenen Wirkung auf das Sensorium in der That vorzuliegen scheint und wo man sich zunächst nicht darüber klar wird, ob dies oder wirkliche excentrische Temperaturempfindung vorhanden ist. Um das locale Temperaturgefühl von dem excentrischen unterscheiden zu können, muss man den Stift an einem Temperaturpunkt leicht aufsetzen und allmälig stärker eindrücken; man merkt es dann, sobald die excentrische Empfindung dazutritt und vermag nach einiger Uebung beide scharf zu unterscheiden. Man überzeugt sich dann leicht, dass beide von einander unabhängig sind, dass man von Kältepunkten aus excentrisches Wärmegefühl, und umgekehrt, erzeugen kann.

Für die Anstellung des Versuches möchten noch einige praktische Bemerkungen beachtenswerth sein. Es empfiehlt sich, die Haut etwas anzufeuchten, bez. den Stift ab und zu einzutauchen. Drückt man den letzteren etwas in die Haut ein, so ist darauf zu achten, dass er sich nicht mit seiner Fläche in grösserer Ausdehnung anlegt. Man muss den Strom von vornherein so stark machen, dass beim Aufsetzen der Electrode ein lebhafter Schmerz entsteht. Derselbe wird übrigens nach einiger Zeit der Beschäftigung nicht mehr so stark wahrgenommen. Sobald sich jetzt in der Peripherie ein unbestimmtes Kältegefühl bemerkbar macht, ist der Strom rücksichtslos zu verstärken, bis dasselbe ganz deutlich hervortritt.

Dass auch ein mechanisch durch Druck auf den Nervenstamm hervorgerufener Erregungszustand der Temperaturnerven möglich sei und dass er sich ebenfalls in excentrischer Temperaturempfindung kund-

geben müsse, kann nach Analogie der electrischen Erregbarkeit nicht zweifelhaft sein. Ich habe nach vielen Versuchen, mich hiervon zu überzeugen, gefunden, dass ein passendes Material, um ohne Erregung erheblichen Schmerzes und ohne Quetschung auf einen Nervenstamm einen gewissen Druck auszuüben, der Kork ist. Ich habe demgemäss mit einem eingefassten schmalen Korkcylinder auf die Nervenstämme eingedrückt und in der That an mehreren Stellen ein unzweifelhaftes excentrisches Temperaturgefühl erhalten, wenn dasselbe auch erheblich schwächer ist als bei der Electrisation. Man muss den Korkcylinder verhältnissmässig tief eindrücken und den Druck eine Zeit lang wirken lassen, indem man den Cylinder hin- und herschiebt; ist jedoch der Versuch von Erfolg begleitet, so stellt sich meist schon nach einigen Secunden Temperaturgefühl ein. Die Stellen, wo mir die mechanische Erregung gelungen ist, sind in den Figuren mit eingezeichnet. Ausser an diesen habe ich excentrisches Temperaturgefühl noch produciren können durch Druck auf den N. ulnaris. An einer Stelle desselben am Ellbogen entstand bei Druck schwache Kühle am kleinen Finger; an einer anderen Stelle schwache, aber deutliche Wärme an der ulnaren Fläche des kleinen Fingers, dem Kleinfingerballen und dem Wulst der Hohlhand zwischen viertem und fünftem Finger. Beim Verschieben des Korkes traten einige kalte Punkte an der Spitze des kleinen Fingers auf. Ferner konnte von einer Stelle der Volarfläche des Vorderarmes in der Mittellinie, 14 cm oberhalb der Handgelenksfurche, bei mässigem Druck schwache Kühle im Handteller, bei tiefem ausgezeichnete warme Empfindung im Handteller und an der Grenze der Hohlhandwülste wahrgenommen werden; beim Verschieben des Korkes wanderte letztere deutlich quer über die Hohlhand. Von einer anderen Stelle der Volarfläche aus, 9 cm oberhalb der genannten Furche, 1 cm radialwärts von der Mittellinie, Gefühl der Kühle im zweiten und dritten Finger.

Dass bei dem Eingeschlafensein der Glieder auch excentrische Temperatursensationen entstehen, ist mir früher schon aufgefallen und seitdem ich besonders darauf achte, häufig wieder von mir bestätigt worden. Man hat einerseits das Gefühl fallender Tropfen, andererseits über eine grössere Fläche hin wogende Temperaturempfindungen.[1]) Ich konnte auch beobachten, dass bei einem unvermutheten Stoss an den N. ulnaris

[1]) E. H. Weber sagt (Tastsinn und Gemeingefühl, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. S. 503): „Bisweilen entsteht auch ein subjectives Gefühl von Wärme in der eingeschlafenen Hand, niemals aber, soviel ich weiss, das der Kälte." Ich möchte hierbei gelegentlich erwähnen, dass ich einmal in der eingeschlafenen Hand eine Art von Kältehyperästhesie beobachtet habe: Gegenstände, welche mit der anderen Hand nicht wesentlich kalt gefühlt wurden, brachten hier ein deutliches Kältegefühl hervor.

neben dem Schmerz ein schnell vorübergehendes, am Vorderarm herablaufendes Wärmegefühl vorhanden war; dies ist mir auch von anderen Seiten bestätigt worden. Auch kommen zweifellos pathologische Temperatursensationen durch Reizung von Temperaturleitungsbahnen vor. Solche Sensationen sind mir schon sowohl füi Wärme wie für Kälte mitgetheilt worden (Gefühl eines nassen Umschlages u. s. w.) und scheinen sich zuweilen auf ganz begrenzte Nervengebiete zu beschränken. Ich bin überzeugt, dass nicht alle diese Sensationen durch vasomotorische Veränderungen erklärt werden können — was durch Messungen der localen Hauttemperatur zu erweisen wäre. Es wäre wünschenswerth, dass von neuropathologischer Seite den Temperatursensationen, mit Bezugnahme auf die locale Hauttemperatur, mehr Aufmerksamkeit zugewendet würde.[1])

Sowohl gegen die electrische wie die mechanische Erregung könnte der allgemeine Einwand erhoben werden, dass durch diese Eingriffe eine Veränderung in der Blutvertheilung bewirkt wäre, welche die Empfindung von Warm und Kalt durch wirkliche Veränderung der Hauttemperatur mittelst Anaemie und Hyperaemie zur Folge hätte. Abgesehen nun davon, dass von einem Erblassen oder Erröthen, das bei so starken Temperaturempfindungen doch sichtbar sein müsste, nichts beobachtet worden ist, so genügt auch schon die Thatsache, dass die Reizstellen und die Ausbreitung des Gefühls mit dem Verlauf der sensiblen Nerven übeinstimmen, um zu zeigen, dass die Gefässnerven bei diesem Versuch nicht in Betracht kommen.

Nach diesen Versuchsergebnissen ist also die Behauptung gerechtfertigt, dass die Erregung von Temperaturempfindungen durch electrische und mechanische Reizung der Temperaturnerven in ihrer Continuität, nicht blos an ihren Endigungen, möglich ist. Hiermit ist denn auch alles erschöpft, was die Lehre von den specifischen Energieen von den Sinnesnerven fordert. Der Temperatursinn besitzt nach diesen Ermittelungen einen gesonderten Nervenapparat für sich, und zwar besteht dieser aus besonderen Kältenerven und Wärmenerven. Jeder Erregungszustand derselben, mag er durch den adäquaten oder durch einen allgemeinen Nervenreiz veranlasst sein, mag er von den Endorganen oder von einer Reizung in der Continuität des Stammes ausgehen, wird bei jenen als Kälte, bei diesen als Wärme empfunden, und ausser

[1]) Bei Rückenmarkskranken kommen Temperaturparästhesieen vor: Gefühl von Brennen oder von Kälte, das sehr lebhafte Grade erreichen kann. Brown-Séquard schiebt diese Empfindungen zum Theil geradezu auf directe Erregung der die Temperaturempfindungen leitenden Fasern im Rückenmark. Erb, Krankheiten des Rückenmarks. S. 73.

dieser einen Empfindung ist der Temperaturnerv einer anderweitigen nicht fähig.

Wie man sieht, genügt nach dieser Feststellung der Temperatursinn dem Gesetze der specifischen Energieen nicht blos in dem Joh. Müller'schen Sinne, sondern auch in dem modernen Helmholtz'schen. Um diesen meist wenig gewürdigten Unterschied hier noch einmal zu präcisiren, so hatte Joh. Müller bei der Aufstellung seiner Lehre nur an die Sinnesmodalitäten gedacht. Er wollte damit die herrschende Ansicht zurückweisen, als seien die Sinnesorgane nur „Siebe", durch welche die äusseren Eigenschaften der materiellen Dinge zu unserem Bewusstsein dringen. Er nahm eine von den Endorganen bis zum Centralorgan sich verbreitende, je specifisch verschiedene Sinnessubstanz an und lehrte, dass „die Empfindung nicht die Leitung einer Qualität oder eines Zustandes der äusseren Körper zum Bewusstsein, sondern die Leitung einer Qualität, eines Zustandes unserer Nerven zum Bewustsein, veranlasst durch eine äussere Ursache" sei. Diese Anschauung dehnte Helmholtz auf die Qualitäten der Sinnesempfindungen aus; einmal indem er jeder Nervenfaser des Corti'schen Organs eine specifische Tonempfindung zuschrieb; dann indem er für die Theorie der Gesichtsempfindungen die Young'sche Lehre wieder an das Licht zog und Müller'sche Ideen in sie hineinlegte, d. h. für jeden empfindenden Punkt der Netzhaut drei gesonderte Leitungsbahnen zum Sensorium postulirte, von denen jeder eine specifische Farbenempfindung eigen sein sollte. In so glänzender Weise diese Lehre für den Acusticus bewiesen wurde, so einleuchtend sie für den Opticus erschien, so wenig konnte sie bei anderen Sinnen, wie namentlich dem Geruchssinn und den Haut-Sinnesnerven durchgeführt werden.

Speciell war für den Temperatursinn die Schwierigkeit vorhanden, dass selbst wenn man besondere Temperaturnerven annahm — für deren Existenz bis dahin kein weiterer Beweis vorlag als einige pathologische Thatsachen von partiellen Empfindungslähmungen[1] —, in diesen Temperaturnerven durch blosse quantitative Veränderung des Reizes, nämlich der Höhe der einwirkenden Temperaturen, so grundverschiedene

---

[1]) Es ist hier auch eine Arbeit von Adamkiewicz zu erwähnen. Dieser fand, dass, während Tast- und Schmerzempfindlichkeit durch Sinapismen an der Stelle der Reizung erhöht, an der entsprechenden der anderen Seite herabgesetzt werden, ein solcher sinapiscopischer Transfert beim Temperatursinn nicht möglich ist. Er bezeichnet deshalb Tast- und Schmerzempfindlichkeit als eine „bilaterale Function", diese ist ihm der Ausdruck eines bilateral angelegten Nervenapparates, und deshalb können „die Temperaturnerven mit denen des Schmerzes und des Tastsinnes nicht identificirt werden." Berliner klinische Wochenschrift. Bd. XVIII. Nr. 12 und 13.

Empfindungsqualitäten wie Kälte und Wärme erregt wurden. Es war mit der Annahme eines besonderen Nervenapparates für den Temperatursinn wohl der Müller'schen, aber nicht der Helmholtz'schen Lehre Genüge gethan, man musste vielmehr in diesen Temperaturnerven die Möglichkeit zweier verschiedener oder irgendwie entgegengesetzter Erregungszustände annehmen.

Dem gegenüber entspricht nun der Temperatursinn nach unseren Ergebnissen in der vollständigsten Weise der Lehre von den specifischen Energieen in der Helmholtz'schen Fassung. Durch die Thatsache, dass man diese specifischen Nervenfasern hier getrennt für sich mechanisch und electrisch erregen und auch in ihrem weiteren Verlauf innerhalb des gemischten Nervenstammes noch als gesondert nachweisen kann, erhebt sich der Temperatursinn in Bezug auf seine Beweiskraft für die Lehre über die anderen Sinnesnerven — was er seiner leichteren Zugänglichkeit verdankt. Dagegen fehlt es für ihn bis jetzt an denjenigen pathologischen Beobachtungen, welche für Gehörs- und Gesichtssinn die Helmholtz'sche Theorie bestätigen (Ausfallen von Tönen, Farbenblindheit[1]); jedoch erwachsen ihm dafür neue Beweismomente aus den interessanten Verhältnissen seiner topographischen Verbreitung am Körper, auf die wir unten näher einzugehen haben werden.

Für die bereits von E. H. Weber betonte Erscheinung, dass der adäquate Reiz auf die Temperaturnervenstämme als solche nicht einwirkt,[2]) sondern eben nur auf die Endapparate, möchte ich hier eine neue Art des Beweises anführen. Ich habe mir an stark Kälte oder Wärme empfindlichen Stellen kalte bez. warme subcutane Injectionen mit der Pravaz'schen Spritze gemacht. Man nimmt dabei entweder gar kein oder ein ziemlich undeutliches dumpfes Temperaturgefühl wahr, während ein Tropfen, aus dem Inhalt der Spritze auf die Oberfläche der betreffenden Stelle geträufelt, ein deutliches Temperaturgefühl giebt. Der Einwand, dass das Temperaturgefühl unterdrückt sein könne durch den bei dem Einspritzen entstehenden Schmerz, erledigt sich dadurch, dass es möglich ist, z. B. an der Dorsalfläche des Vorderarmes, Stellen auszusuchen, an welchen die Injection so gut wie gar keinen Schmerz verursacht. — Es geht aus diesem leicht nachzumachenden Versuch ganz sicher hervor, dass die im subcutanen Zellgewebe verlaufenden Stämm-

---

[1]) Da bis jetzt jedoch von den Neuropathologen noch nie auf die Unterschiedlichkeit von Kälte- und Wärmesinn in anatomischer Hinsicht geachtet worden ist, so dürfte es wohl möglich sein, dass noch Fälle von partieller Lähmung u. s. w. der einen oder der anderen Qualität zur Beobachtung kommen werden.

[2]) Der Tastsinn und das Gemeingefühl. R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie.

chen der Temperaturnerven durch den Kälte- bez. Wärmereiz nicht in Erregung versetzt werden. Zugleich übrigens deutet das Versuchsergebniss darauf, dass die temperaturempfindlichen Endapparate jedenfalls der Oberfläche der Haut näher liegen müssen als dem subcutanen Gewebe. —

Es entsteht nun die Frage, wie nach den beschriebenen Thatsachen und den aus ihnen gewonnenen Anschauungen sich eine moderne Theorie des Temperatursinnes gestalten muss.

Theorie des Temperatursinnes.

Es sind über den Vorgang, wie die äusseren Temperaturveränderungen auf die Endapparate der Temperaturnerven als Reize wirken, drei verschiedene Meinungen aufgestellt worden. E. H. Weber meinte, dass lediglich der Act des Steigens oder Sinkens der Hauttemperatur von uns als Wärme oder Kälte percipirt würde; Vierordt, dass die Richtung des durch die Haut fliessenden Wärmestromes maassgebend sei, derart, dass der nach aussen gerichtete Strom als Kälte, der nach innen gerichtete als Wärme empfunden würde; Hering, dass für die Temperaturempfindung das Ausschlaggebende die wirkliche Höhe der Eigentemperatur des cutanen Nervenapparates sei. — Die Weber'sche Anschauung ist für unsere jetzigen, durch die Existenz der Kälte- und Wärmenerven geschaffenen Verhältnisse die plausibelste. Kommt irgend ein Object in Berührung mit unserer temperaturempfindlichen Haut, so kann die Eigentemperatur derselben nur entweder zunehmen oder abnehmen oder gleich bleiben. Man kann sich wohl vorstellen, dass diese beiden entgegengesetzten physikalischen Vorgänge, die Aufnahme und der Verlust von Wärme, je auf eine verschiedene Nervenart reizend wirken können, vorausgesetzt, dass diese Nerven mit entsprechend adaptirten Endapparaten versehen sind. So wird es leicht verständlich, dass bei einem sich nur quantitativ verändernden Reiz an einer relativ scharfen Grenze die Wirkung auf die eine Nervenart aufhört und auf die andere sich überträgt. Der Vorgang des Sinkens der Hauttemperatur oder der Abgabe von Wärme ist demnach als Reiz für die Kältenerven, des Steigens der Hauttemperatur oder der Aufnahme von Wärme als Reiz für die Wärmenerven zu betrachten. Damit verliert die absolute Temperatur der Haut an Bedeutung und es fällt die Schwierigkeit fort, welche die local verschiedene Eigentemperatur der Haut für die Theorie der Kälte- und Wärmenerven zunächst zu bieten scheint. Es giebt nicht eine bestimmte Eigentemperatur der Haut, bei welcher beide Nervenarten unerregt wären — Nullpunktstemperatur im Hering'schen

Sinne —, während alle niedrigeren Eigentemperaturen als Kälte, alle höheren als Wärme wahrgenommen würden. — In welcher Weise die Endapparate derartig adaptirt sein sollen, dass die einen durch Wärmeverlust gereizt werden, durch Wärmeaufnahme aber völlig unberührt bleiben, die anderen ein umgekehrtes Verhalten zeigen, darüber dürfte es nur nach mikroskopischen Befunden gestattet sein, Auslassungen zu machen, jedoch möchte die Reizübertragung wohl im Wesentlichen auf Dichtigkeitsveränderungen beruhen, sei es dass diese direct auf ein Endorgan des Nerven virken, sei es dass letztere vielleicht mit contractilen Blutgefässen in Verbindung stehen. Jedenfalls erscheint gerade für die Temperaturnerven die Annahme einer sogenannten freien Endigung am wenigsten angepasst; für die diametral entgegengesetzte Art der Reizübertragung müssen nothwendig Endapparate da sein; und auch die einfach celluläre Endigung dünkt mich nicht sehr wahrscheinlich.

Hering[1]) hat in seiner Theorie des Temperatursinnnes die Weber'sche Anschauung als irrig bekämpft; Angesichts eines Versuches, den Weber selbst anführt und allerdings unzutreffend zu erklären versuchte: „Wenn man einen Theil der Haut des Gesichts, z. B. der Stirn, mit einem + 2° R. kalten Metalle einige Zeit, z. B. 30 Secunden, in Berührung bringt und dasselbe dann entfernt, so fühlt man ungefähr 21 Secunden lang die Kälte an jenem Theile der Haut.“ Nach Weber müsste allerdings die erkältete Haut, welche sich ja nun wieder erwärmt, also im Act des Steigens der Temperatur begriffen ist, ein warmes Gefühl geben. Ebenso dauert auch die Wärmeempfindung fort nach Entfernung des Wärmereizes, obwohl die Temperatur der Stelle sinkt. Hering zieht daraus den Schluss, dass die Weber'sche Anschauung nicht richtig sei und erklärt diesen Weber'schen Versuch dahin, dass die Temperaturempfindung abhänge von der jeweiligen Höhe der Eigentemperatur des nervösen Apparates und dass dieselbe, so lange sie sich unterhalb der von ihm sogenannten Nullpunktstemperatur befinde, als kalt, oberhalb derselben als warm empfunden werde. Unter Nullpunktstemperatur nämlich versteht er diejenige Eigentemperatur der Haut, bei welcher weder warm noch kalt empfunden wird. Die Deutlichkeit der Wärme- oder Kälteempfindung wächst mit dem Abtande der jeweiligen Eigentemperatur von der Nullpunktstemperatur; letztere jedoch ist selbst wieder innerhalb gewisser Grenzen variabel und zwar von den Veränderungen der absoluten Hauttemperatur abhängig. Indem der nervöse Apparat sich den Veränderungen der Hauttemperatur adaptirt, steigt und

[1]) Grundzüge einer Theorie des Temperatursinnes. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. 1877. Bd. LXXV. III. Abth. S. 101.

sinkt der Nullpunkt mit dem Steigen und Sinken der Hauttemperatur, jedoch viel langsamer. Mit der Adaptation bezeichnet Hering somit einen Vorgang, der sonst als Ermüdung des Nerven aufgefasst zu werden pflegt.

Erinnert man sich jedoch der oben schon angeführten Beobachtung, dass nach momentaner Berührung eines intensiven Kältepunktes mit dem blossen, nicht abgekühlten Cylinder eine bemerkbare Nachempfindung eintritt — wo doch von einer irgend erheblichen objectiven Herabsetzung der Eigentemperatur der Hautstelle nicht die Rede sein kann —, so leuchtet die Nothwendigkeit ein, der Nachempfindung bei den Temperaturnerven eine grössere Bedeutung beizumessen, als es von Hering geschehen ist. Die Nachdauer der Erregung ist sämmtlichen Sinnesnerven in mehr oder weniger ausgedehntem Maasse eigenthümlich, und wenn man erwägt, wie ausserordentlich lange der Erregungszustand der Netzhaut nach einem intensiveren Eindrucke anhält und sich in den Nachbildern documentirt, so dürfte es nichts Gezwungenes haben, den oben angeführten Weber'schen Versuch durch die lange Nachdauer des Erregungszustandes der Kältenerven zu erklären, besonders in Rücksicht auf die analoge Erscheinung am einzelnen Temperaturpunkt, welche durch Hering's Anschauung nicht erklärt werden kann. Einen deutlichen Beweis für die Fortdauer des Erregungszustandes giebt folgende Erscheinung, die man zuweilen beobachten kann: Reizt man eine gut temperaturempfindliche Stelle durch einen flächenhafte Kälte- oder Wärmereiz, so kann man, nachdem schon die Nachempfindung abgeblasst ist, durch einen leichten mechanischen Reiz die kalte bez. warme Empfindung zuweilen wieder zurückrufen; derselbe scheint auf den noch bestehenden Erregungszustand verstärkend einzuwirken.

Die Reizung der Temperaturnerven hinterlässt, wie auch bei anderen Sinnesnerven, zugleich mit der Nachdauer des Erregungszustandes eine herabgesetzte Empfindlichkeit für neue Reize. Es ist schon früher mehrfach erwähnt worden, dass durch das Aufsuchen der Kälte- oder Wärmepunkte die Temperaturempfindlichkeit der Stelle herabgesetzt wird. Reizt man einen Kältepunkt wiederholt in kurzen Pausen mittelst des Cylinders, so nimmt er sehr bald diesen Reiz nicht mehr wahr. Ebenso wenn man den Cylinder eine gewisse Zeit lang dauernd mit dem Punkt in Contact lässt. Ebendasselbe lässt sich an den Wärmepunkten beobachten.

Freilich spielt hier auch die objective Veränderung der Eigentemperatur eine Rolle. Durch die Berührung mit dem wärmeentziehenden Object sinkt die Eigentemperatur des Kältepunktes und die Temperaturdifferenz zwischen ihm und dem Cylinder wird immer ge-

ringer; es liesse sich nun vielleicht denken, dass der Punkt derartig abgekühlt wird, dass der Cylinder einen merklichen Kältereiz nicht mehr auszuüben im Stande ist, wenn auch die geringfügige Ausdehnung des Punktes sowie die von allen Seiten erfolgende Wärmezufuhr dieser Vorstellung Schwierigkeiten entgegenstellt. Allein wenn man dergestalt versucht, die Anaesthesie des Kältepunktes lediglich durch die wirkliche Abnahme seiner Eigentemperatur zu erklären, so muss man erwarten, dass derselbe, sobald seine Eigentemperatur wieder zur vorigen Höhe zurückgekehrt ist, wieder in der anfänglichen Stärke auf Kältereize reagirt. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie man sich sehr einfach überzeugen kann. Zunächst hält schon die Herabsetzung der Erregbarkeit bez. die Anaesthesie des Kältepunktes so lange an, dass es kaum denkbar ist, wie der so beschränkte Ort der Abkühlung nicht längst durch Ersatz aus dem umliegenden Gewebe wieder auf seine alte Eigentemperatur gekommen sein sollte. Man kann jedoch auch ein Uebriges thun und dem Punkte durch Zuführen eines warmen Luftstromes oder Application einer leicht erwärmten Fläche noch schneller zu seiner normalen Temperatur verhelfen — dennoch reagirt er, mit dem alten Kältereiz afficirt, entweder gar nicht oder sehr schwach. Ich habe auch bezüglich der Frage folgenden Weg eingeschlagen: Man kühlt einen Kältepunkt bis zum Eintritt der Anaesthesie ab und beachtet, nach welcher Zeit auf einen bestimmten Kältereiz wieder Kälteempfindlichkeit vorhanden ist, indem man alle 20—40 Secunden prüft und dabei die betreffende Hautstelle einmal der Luft ausgesetzt hält, das andere Mal in ein wärmeres Medium bringt. Hierbei zeigte sich, dass die Kälteempfindlichkeit im Wesentlichen beim letzteren Modus nicht schneller zurückkehrt als bei ersterem. Wenn man bei solchen Versuchen bald das kalte Medium zuerst in Anwendung zieht, bald das warme, so gewahrt man, dass gewöhnlich bei dem Secundärversuch die Anaesthesie länger dauert, wenn auch die Kälteempfindlichkeit zu Beginn des Secundärversuchs ebenso stark erschien als beim Primärversuch. Es geht daraus hervor, dass die Erwärmung einen wesentlichen Einfluss auf die Restitution der Kälteempfindlichkeit nicht hat, dass jedenfalls die letztere nicht mit jener Hand in Hand geht. Vielmehr muss noch ausser der Veränderung der Differenz zwischen Objectstemperatur und Hauttemperatur ein Moment vorhanden sein, welches die herabgesetzte Kälteempfindlichkeit bedingt, und dies besteht in der essentiellen Ermüdung des Nerven, welcher durch die Stärke der Erregung als solcher eingetreten ist. Bei dem Secundärversuch zeigt sich diese Ermüdung auch noch darin, dass trotz anfänglicher Reactionsfähigkeit der Reiz auf den schon geschwächten Nerv nachhaltiger wirkt als beim Primär-

versuch.[1]) Damit soll nicht gesagt sein, dass der objectiven Temperaturveränderung der Haut und damit der nervösen Endapparate und im Zusammenhang damit der verminderten oder vermehrten Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur des Reizobjectes und der Eigentemperatur des Endapparates gar keine Bedeutung zukäme. Vielmehr besteht dieses Verhältniss neben der Ermüdung und complicirt sich mit ihr.

Wenn der Ablauf der Erregung der Temperaturnerven insoweit in Parallele zu setzen ist mit den Verhältnissen bei anderen Sinnesnerven, so muss nun im Folgenden eines Umstandes gedacht werden, welcher den Temperaturnerven ganz speciell eigen ist und bei ihrer Function eine sehr erhebliche Rolle spielt. Während nämlich bei anderen Sinnesnerven der Reiz nur eine Art von Veränderung hervorbringt, nämlich den Erregungszustand, wirkt er auf den Temperaturnerven in doppelter Weise, indem er ihn einmal erregt und zweitens abkühlt oder erwärmt. Diese Veränderung der Eigentemperatur der Nervenfaser wirkt aber, wiewohl sie mit dem Erregungszustand sonst nichts zu thun hat, auf die Erregbarkeit des Nerven ein. Von starken Abkühlungen und Erwärmungen ist es ganz sicher, dass sie die Temperaturempfindlichkeit abstumpfen. Auch E. H. Weber[2]) hat beobachtet, dass dies sich so verhält. Wenn es sich auch nicht um ein blosses Leitungsphänomen handelt, sondern wohl auch um eine verminderte Reizempfänglichkeit der Nervenenden, so kann man doch hier als analoge Erscheinung die bekannte Thatsache heranziehen, dass in den motorischen Nerven durch starke Abkühlung eine Verlangsamung der Leitung producirt wird. Ich habe übrigens in der bestimmtesten Weise beobachten können, dass durch starke Abkühlung Erregbarkeit die mechanische und faradische der Kältepunkte gleichfalls vollständig aufgehoben werden kann.[3]) Es ist wahrscheinlich, dass diese Herabsetzung der Irritabilität und Leitung nicht blos für die Zeit besteht, während welcher die Veränderung der Eigentemperatur anhält, sondern auch bei einem genügenden Grade der Veränderung über diese hinaus dauert und allmälig abläuft.

---

[1]) Dasselbe gilt bei den Wärmenerven.

[2]) Der Tastsinn und das Gemeingefühl. R. Wagner's Handwörterbuch. — Einfluss der Erwärmung und Erkältung der Nerven anf ihr Leitungsvermögen. Archiv für physiologische Anatomie. S. 47.

[3]) A. Eulenburg giebt an, dass er bei Application von Eis Verminderungen des Raumsinnes, sowie der electrocutanen Sensibilität habe nachweisen können. Lehrbuch der Nervenkrankheiten. 1878, 2. Aufl. S. 84. — Grützner fand, als er den Einfluss der Temperaturveränderungen auf die Nerven studirte, dass Erwärmung und Abkühlung die Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit derselben erheblich herabsetzt. Ueber verschiedene Arten der Nervenerregung. Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XVII.

Erwärmt man einen Kältepunkt stark, so giebt er, mit dem Cylinder berührt, eine schwächere Kälteempfindung als nach einiger Zeit der Pause. Dies bestätigt sich auch, wenn man nicht den einzelnen Kältepunkt erwärmt, sondern ein Flächenstück der Haut, entweder durch Contact mit einem erwärmten Object oder durch einen stark erwärmten Luftstrom. Dirigirt man eine Hautstelle in einen sehr erwärmten Luftstrom und applicirt gleichzeitig an einen Theil derselben einen flächenhaften Kältereiz, so wird derselbe schwächer wahrgenommen, als wenn man dieselbe Stelle nach Entfernung des warmen Luftstromes in derselben Weise abkühlt. Dasselbe Verhältniss kann man für die Wärmepunkte und für flächenhafte Wärmereize constatiren. Sehr bequem lässt sich dies in folgender Weise machen: die beiden Brustwarzen sind gleichmässig und zwar hervorragend wärmeempfindlich. Kühlt man nun die eine derselben ab und applicirt dann denselben Wärmereiz erst auf diese, dann auf die andere, so empfindet man ihn an letzterer wärmer. Eine weitere Bestätigung wird diese Erscheinung finden bei später mitzutheilenden Versuchen. Zugleich werden wir dort auf die Frage zurückkommen, ob die beregte Einwirkung nur s t a r k e n Abkühlungen und Erwärmungen oder überhaupt jeder Veränderung der Eigentemperatur zukommt.

Die durch Temperaturveränderungen hervorgebrachte Herabsetzung der Erregbarkeit trifft beide Nervenarten in gleicher Weise. Dadurch treten dieselben trotz ihrer scheinbaren Unabhängigkeit von einander zu einseitigen Temperaturreizen in Beziehung, und es wird, wie wir noch näher sehen werden, etwas Aehnliches erreicht, als was wir sonst einer regulatorischen gemeinsamen Einstellung beider zuschreiben würden.

Ein Temperaturreiz von einer gewissen Stärke entfaltet also folgende, für neue Reize bedeutungsvolle Einwirkungen auf die Temperaturnerven:

1) Er verändert die Temperatur der Haut und damit die Grösse der Wärmeaufnahme oder -abgabe gegenüber den späteren Reizen.

2) Er producirt in den gleichsinnigen Nerven einen Erregungszustand, welcher zugleich mit seiner eigenen Nachdauer die Reizempfänglichkeit derselben herabsetzt.

3) Er verändert mit der Hauttemperatur überhaupt auch speciell diejenige des nervösen Apparates und setzt, wahrscheinlich in gleichmässiger Weise, die Empfindlichkeit sowohl der gleichsinnigen wie ungleichsinnigen Nerven herab.

Es ergiebt sich daraus, dass die ungleichsinnigen Nerven nur durch e i n e Ursache in ihrer Erregbarkeit abgestumpft werden, während für die gleichsinnigen m e h r e r e sich compliciren. Es ist deshalb auch

vorauszusetzen, wenn auch noch nicht streng bewiesen, dass Abkühlung stärker herabsetzend auf die Empfindlichkeit der Kältenerven als auf diejenige der Wärmenerven wirkt und umgekehrt.

Kehren wir nun zurück zu dem Ausgangspunkte dieser Auseinandersetzungen, nämlich dem Weber'schen Versuch und seiner Erklärung, so würden wir die Frage, wie derselbe sich nach unserem System erklären lässt, dahin zu beantworten haben: die abgekühlte und nun jetzt im langsamen Erwärmen durch Aufnahme von Blutwärme begriffene Stelle der Stirn empfindet deshalb Kälte, weil einmal der Erregungszustand ihrer Kältenerven noch andauert; ferner weil durch die Herabsetzung ihrer Eigentemperatur die Reizempfänglichkeit der Wärmenerven derartig verändert ist, dass der relativ geringe Wärmereiz der Blutwärme, trotzdem die Differenz der Temperaturen durch die Abkühlung der Stelle vergrössert ist, nicht hinreicht, um eine Erregung zu produciren.

In dieser Weise erledigt sich der Hering'sche Einwand gegen die Weber'sche Theorie. Es ist nun noch nothwendig, die sogenannten „Contrasterscheinungen", mit welchen Hering seine Lehre von der Adaptation stützt, von dem Standpunkte der Kälte- und Wärmenerven aus einer Betrachtung zu unterziehen. Hering[1]) schildert folgende Contrasterscheinungen: „Man bringe eine Flüssigkeit, z. B. das Quecksilber Q, auf diejenige Temperatur, bei welcher der eingetauchte Finger weder Kälte noch Wärme empfindet. Sodann tauche man denselben Finger in ein Quecksilber Q', welches kälter, z. B. auf Zimmertemperatur ist. Bringt man dann nach etwa 30 Secunden den Finger in das Quecksilber Q zurück, so empfindet man in diesem deutliche Wärme.

Taucht man den Finger, statt in kühleres, in ein warmes Quecksilber Q'', welches z. B. die Bluttemperatur hat, so erscheint nachher demselben Finger das Quecksilber Q deutlich kühl. Diese durch den Contrast entstandenen Empfindungen der Wärme oder Kälte sind um so lebhafter, je länger man den Finger in dem Quecksilber Q' oder Q'' liess und je mehr die Temperatur des letzteren von der Temperatur des Anfangs weder warm noch kalt erscheinenden Quecksilbers Q abweicht.

Taucht man die eine Hand in kaltes Wasser (6—10° C.), die andere gleichzeitig in heisses (40—45°) und bringt nach 20—30 Secunden beide Hände in Wasser von 25—27°, so empfindet die eine Hand das Wasser deutlich warm, die andere deutlich kalt."

Wird in dem ersten Versuch der Finger in das kältere Quecksilber gebracht, so nimmt seine Eigentemperatur ab, zugleich verschiebt sich

---

[1]) A. a. O.

die Nullpunktstemperatur nach unten, der nervöse Apparat stellt sich auf das kalte Quecksilber ein, so wie er vorher auf die Luft eingestellt war oder auf das temperirte Quecksilber, welches weder warm noch kalt gefühlt wurde. In Folge dessen wird letzteres nachher warm gefühlt, weil seine Temperatur jetzt über der augenblicklichen Nullpunktstemperatur liegt. In analoger Weise erklären sich nach Hering die anderen Versuchsergebnisse.

Da es nach den nunmehr bekannten Thatsachen feststehen muss, dass die beiden Qualitäten der Temperaturempfindung auf getrennte Nervenarten vertheilt sind und wir in Folge hiervon und mit Benutzung anderer Thatsachen zu dem Schlusse gekommen sind, dass die Weber'sche Ansicht die richtige sei, so verliert die Adaptation für uns ihre Existenzberechtigung. Denn die Contrasterscheinungen lassen sich nach Weber vollständig und ohne Adaptation erklären, wie Hering selbst andeutet, indem er sagt: „Gerade diese Contrasterscheinungen mochten Weber mit dazu bestimmen, den Act der Temperaturänderung als den wesentlichen Reiz für die Nerven des Temperatursinnes anzusehen." Denn wenn die im kalten Quecksilber abgekühlte Hand zurückkehrt in das Quecksilber, welches sie vorher zwar nicht als warm gefühlt hat, weil sie sich in der Luft befunden hatte, welches aber doch in der That wärmer ist als dasjenige, das sie soeben verlassen hat, so wird letzteres der Hand objectiv Wärme zuführen, die abgekühlte Eigentemperatur der Hand muss steigen, und dieses Steigen wird eben nach Weber als Wärme empfunden.

Wenn so auf der einen Seite sich die Contrasterscheinungen ohne Adaptation erklären lassen, so hat andererseits die letztere für ein doppeltes System von Temperaturnerven überhaupt keine Pointe — wie Hering selbst auseinandersetzt. Denn er benutzt die Adaptation geradezu, um damit gegen die Möglichkeit eines doppelten Nervenapparates zu Felde zu ziehen. Er sagt:[1]) Man müsste „annehmen, dass z. B. die eingetretene höhere Temperatur nicht blos ein Reiz für den Apparat der Wärmeempfindung sei, unter dessen Wirkung derselbe ermüde, sondern dass die höhere Temperatur zugleich die Erregbarkeit des Apparates der Kälteempfindung erhöhe. Und umgekehrt müsste eine Erniedrigung der Hauttemperatur nicht blos den Apparat der Kälteempfindung erregen und weiterhin seine Erregbarkeit herabsetzen, sondern zugleich auch die Erregbarkeit des anderen Apparates erhöhen. Diese beiden Apparate müssten ferner in so genauer Harmonie arbeiten, dass, wenn der eine bei einer gegebenen Hauttemperatur nicht merklich erregt ist, sich auch

[1]) A. a. O. S. 28.

der andere jedesmal genau ebenso verhält. Dem Nullpunkte der Empfindung müsste also immer in beiden Apparaten genau dieselbe Eigentemperatur entsprechen, und nie dürfte es vorkommen, dass die Erregbarkeitsverhältnisse beider Apparate sich verschöben und beide zugleich durch dieselbe Temperatur in merkliche Erregung versetzt würden."

Die von Hering hier angeführten Schwierigkeiten sind in der That vorhanden, wenn man die Temperaturempfindung abhängig macht von der jeweiligen Höhe der Eigentemperatur des nervösen Apparates. Mit der Weber'schen Anschauung jedoch fallen diese gegen ein doppeltes Nervensystem gerichteten Argumente zusammen. Die Temperatur der Haut kann nur entweder constant bleiben oder steigen oder fallen; deshalb können bei einer Aenderung der Hauttemperatur nur entweder die Kältenerven oder die Wärmenerven gereizt werden, während bei einem Constantbleiben der Eigentemperatur eben weder die einen noch die anderen erregt werden können, ganz gleichgültig, wie hoch oder wie niedrig die Eigentemperatur ist. Die Schwierigkeit, dass dem Nullpunkt der Empfindung immer in beiden Apparaten genau dieselbe Eigentemperatur entsprechen müsste, fällt also fort, und ebenso kann es auch nicht vorkommen, dass „beide zugleich durch dieselbe Temperatur in merkliche Erregung versetzt würden." Das erste, dass „die höhere Temperatur zugleich die Erregbarkeit des Apparates der Kälteempfindung erhöhen" müsse, erledigt sich aus der Weber'schen Theorie von selbst.

So wenig also von unseren Gesichtspunkten aus diese Einwürfe gegen einen doppelten Nervenapparat stichhaltig erscheinen können, so sehr sprechen sie gegen die Lehre von der Adaptation, sobald das doppelte Temperaturnervensystem nachgewiesen ist. Es dürfte kaum zweckmässig erscheinen, angesichts der Kälte- und Wärmenerven noch die Adaptation retten zu wollen.

Diese Anschauung dürfte noch eine weitere Stütze erhalten durch folgende Versuche: Hält man einen Finger in Wasser von 40° C. und nach ca. 10 Secunden gleichzeitig mit dem entsprechenden der anderen Seite, der sich unterdessen in der Luft befunden hat, in Wasser von 15° C., so fühlt der erwärmte Finger die Kälte schlechter. — Hält man einen Finger in Wasser von 15° C. und dann gleichzeitig mit dem der anderen Seite in warmes Wasser, so fühlt der abgekühlte Finger die Wärme schlechter. — Hält man einen Finger in kaltes Wasser von 15° C., den entsprechenden der anderen Seite in laues von 32° C. und nach ca. 10 Secunden beide in Wasser von ca. 40° C., so fühlt der im lauen Wasser gewesene Finger die Wärme besser als der abgekühlte.

Es ist ohne Weiteres klar, dass sich nach Hering's Adaptationslehre diese Erscheinungen nicht erklären lassen. Vielmehr geht aus ihnen

hervor, dass ein im normalen Temperaturgleichgewicht, d. h. innerhalb der gewohnten Eigentemperatur befindlicher Finger die Temperaturreize stärker wahrnimmt als ein bis zu einer gewissen Grenze erwärmter oder abgekühlter Finger. Es scheint dies zunächst auch der vorher geltend gemachten Anschauung zu widersprechen, nach welcher die Temperaturempfindung lediglich von dem Act des Steigens oder Sinkens der Eigentemperatur der Haut abhängig ist. Jedoch löst sich dieser Widerspruch, wenn man sich erinnert, dass durch Abkühlung oder Erwärmung die Erregbarkeit beider Nervenarten herabgesetzt wird. Die zuletzt mitgetheilten Versuche bestätigen in der vollständigsten Weise diese Thatsache, sowie sie die bereits oben angeführten Versuche, aus welchen die Herabsetzung der Erregbarkeit durch Erwärmung und Abkühlung hervorging, ergänzen. Sie zeigen ferner, wie diese Herabsetzung der Erregbarkeit einen den Contrasterscheinungen entgegen gerichteten Effect hat. Denn wenn diese darauf beruhten, dass eine abgekühlte Hautstelle eine vermehrte Wärmeempfindlichkeit, eine erwärmte eine vermehrte Kälteempfindlichkeit besitzt, insofern erstere mehr geneigt ist, Wärme aufzunehmen, die zweite Wärme abzugeben, so wird durch die Herabsetzung der Erregbarkeit diese vermehrte Empfänglichkeit für den entgegengesetzten Temperaturreiz wieder vermindert. Wenn daher im Contrastversuch der abgekühlte Finger ein Medium warm fühlt, welches vor der Abkühlung gar keine Temperaturempfindung bei ihm verursacht hatte — weil seine augenblickliche Eigentemperatur steigen muss —, so ist nach den zuletzt beschriebenen Versuchen anzunehmen, dass der abgekühlte Finger die vorhandene Wärmezufuhr zwar als warm, aber als schwächer warm fühlt, als ein Finger von normaler Eigentemperatur eben dieselbe Grösse der Wärmezufuhr wahrnehmen würde. Wenn die abgekühlte Hand dasselbe Wasser als warm fühlt, welches die erhitzte als kalt wahrnimmt, so geschieht dies, weil ersterer Wärme zugeführt wird, wodurch die Wärmenerven, und weil letzterer Wärme entzogen wird, wodurch die Kältenerven gereizt werden. Aber wenn derselbe Wärmezufluss, welcher hier auf die abgekühlte Hand wirkt, auf eine von normaler Temperatur wirken würde, so würde derselbe als wärmer wahrgenommen werden im Vergleich zu der hier Statt habenden Wärmeempfindung; und wenn derselbe Wärmeabfluss, der hier sich auf die erhitzte Hand geltend macht, eine solche von normaler Temperatur treffen würde, so würde derselbe als kälter wahrgenommen werden im Vergleich zu der hier statthabenden Kälteempfindung. Dass dies nicht blos Vermuthung ist, sondern sich in der That so verhält, davon kann man sich durch einen einfachen Versuch überzeugen. Wenn man einen Finger in Wasser von 40° C. so lange taucht, bis dasselbe nicht mehr

als erheblich warm empfunden wird, und dann in Wasser von 30° C. taucht, so entsteht zwar ein Gefühl der Kühle; dieses ist aber nicht annähernd so stark wie dasjenige, welches entsteht, wenn man den Finger nun von dem 30° C. warmen Wasser in solches von 20° C. bringt. Ebenso erscheint für den in 35° C. gewesenen Finger Wasser von 30° C. weniger kalt als für den in Wasser von 30° C. getauchten solches von 25° C. Da wir das 30° C. warme Wasser als ungefähr der Fingerhaut gleich temperirt ansehen können, so folgt daraus, dass ein gleicher Temperaturabstand von dem normal temperirten Finger stärker wahrgenommen wird als von dem erwärmten. — Der letzterwähnte Fall lässt übrigens schliessen, dass nicht blos bei starker Erhitzung die Herabsetzung der Erregbarkeit Platz greift, sondern schon bei geringer Zunahme der Eigentemperatur. Jedoch nimmt die Herabsetzung der Erregbarkeit jedenfalls nicht in demselben Verhältniss zu wie die Höhe der Temperatur. Vielmehr scheint es, dass bei einer gewissen Grenze der Temperaturerhöhung die Herabsetzung der Erregbarkeit eine rapid zunehmende wird. Diese Grenze habe ich an meinen Fingern bei ca. 39° C. gefunden. Wenn ich den Finger in Wasser von 35° C. tauche und sodann in solches von 30° C., so empfinde ich Kühle; diese wächst bei 36°, 37° bis 39° C. Dann jedoch, bei 40°, tritt eine ganz deutliche Verminderung des Kältegefühls ein, während doch die Differenz der Temperaturen gewachsen ist, und bald hört dann die Fähigkeit der Kälteempfindung ganz auf. Die entsprechende untere Grenze habe ich ca. 21° C. gefunden.

Das Gesetz von der Herabsetzung der Erregbarkeit arbeitet demnach den Erscheinungen des Contrastes entgegen, welche ohne dasselbe grösser und augenfälliger sein würden. In der That sind sie nämlich ziemlich schwach, und man kann sich nicht verhehlen, dass es zu erheblichen Unzuträglichkeiten führen würde, wenn sie stärker wären. Bei dem häufigen Wechsel der Aussentemperaturen, welchem unsere unbekleideten Körperstellen unterliegen, würde es unser Urtheil nicht wenig verwirren, wenn die Contrasterscheinungen in dem Hering'schen Sinne Statt hätten, d. h. wenn sich auf jede neue Aussentemperatur — wenn auch nur innerhalb einer gewissen Grenze — der Sinnesapparat so adaptirte, dass eine folgende Temperaturveränderung in voller Schärfe, wie auf den normal temperirten Apparat, auf ihn einwirkte.

Eine wesentliche Function unseres Temperatursinnes ist die Fähigkeit der quantitativen Wahrnehmung von Reiztemperaturen und der Wahrnehmung der Temperaturunterschiede. Nach der früheren Vorstellung von einem einfachen und gleichmässig verbreiteten Nervenapparat für Wärme und Kälte konnte es sich bei dieser Function nur

um quantitative Unterschiede der Erregungsstärke handeln, die ebenso wahrgenommen wurden, wie auch bei anderen Sinnesnerven die Unterschiede in der Stärke des Erregungszustandes percipirt werden. Nun ist jedoch oben bemerkt worden, dass die verschiedenen Temperaturpunkte mit einer verschiedenen, aber für jeden bestimmten Intensität der Empfindung und Reizbarkeit begabt sind. Es ist z. B. bezüglich der Kältepunkte auseinandergesetzt worden, dass es Kältepunkte giebt, welche auf einen gegebenen punktförmigen Reiz stark und schwächer reagiren, dass man mit einem schwachen Kältereiz nur einen Theil der Kältepunkte in Erregung versetzen kann, mit einem stärkeren Reiz deren mehr, und dass sich dies bei den Wärmepunkten ebenso verhält. Es entsteht also auch die Frage, in welcher Weise sich die, kurz gesagt, verschieden intensiven Punkte an der Wahrnehmung eines bestimmten Temperaturgrades betheiligen. Wenn ein gegebener flächenhafter Kältereiz eine gewisse Anzahl von Kältepunkten in einer gewissen Stärke erregt, so wird ein stärkerer flächenhafter Kältereiz nicht nur die frühere Anzahl stärker erregen, sondern ausserdem noch eine gewisse andere Anzahl von Punkten dazu erregen, deren Reizbarkeit unterhalb der Grenze des vorigen Kältereizes gelegen ist. Ob dieser Umstand, dass bei dem Wachsen des Temperaturreizes mehr Punkte in die Empfindung treten, für die Intensität der Temperaturempfindung und speciell für die Wahrnehmung des Temperaturgrades von Bedeutung ist, muss sehr zweifelhaft erscheinen. Einerseits nämlich ist es noch sehr fraglich, in welchen Grenzen die Verschiedenheit der Reizschwelle der Temperaturpunkte sich überhaupt bewegt, d. h. ein wie grosses Steigen bez. Sinken der Eigentemperatur der Haut nöthig ist, um die unempfindlichsten Wärme- bez. Kältepunkte noch derart zu erregen, dass sie in die Wahrnehmung treten. Es ist möglich, dass diese Reizschwelle nur in sehr geringen Grenzen variirt, so dass sie schon aus diesem Grunde für die Mehrzahl der Temperaturreize nicht in das Gewicht fällt. Hierüber könnte nur eine genaue Untersuchung der zur Erregung der verschiedenen Punkte nothwendigen Reizstärke Aufschluss geben, welche ich bis jetzt noch nicht angestellt habe. Andererseits ist es sehr wahrscheinlich, dass für die Stärke, mit welcher ein flächenhafter Temperaturreiz wahrgenommen wird, gar nicht die ganze Summe aller in ihm enthaltenen einzelnen Punktempfindungen in Betracht kommt, sondern dass vielmehr die intensiveren Punktempfindungen in den Vordergrund treten, während die schwächeren für den Totaleindruck wenig ausmachen, gleichgültig in welcher Anzahl sie vorhanden sind. Es spricht für dieses Verhalten der Umstand, dass von zwei gleich grossen Flächenstücken, von denen das eine sehr viele schwache, das andere nur einzelne intensive Kältepunkte enthält, das

letztere einen Kältereiz jeder beliebigen Stärke stets viel stärker empfindet als das erstere. Es ist daher wohl anzunehmen, dass gegenüber den intensiven Punkten es nicht viel an der Totalempfindung ändern wird, ob eine geringere oder grössere Summe von schwachen Punktempfindungen ausserdem vorhanden ist, und dass folglich auch für das Wahrnehmen der Reizstärke, des Temperaturgrades, vorzugsweise der Grad der Erregung der intensiveren Nervenendigungen von Bedeutung ist.

Es ist nothwendig, die Vorstellung über die verschieden starken Temperaturpunkte noch etwas zu klären. Das Verhältniss ist nämlich nicht etwa derartig, dass die Temperaturpunkte tonleiterartig auf bestimmte Eigentemperaturen abgestimmt sind. Vielmehr wird durch jedes Sinken der Hauttemperatur auf alle Kältenerven, durch jedes Steigen derselben auf alle Wärmenerven ein Reiz ausgeübt; bei einem Theil derselben muss jedoch die Erregung stärker sein, um als Kälte bez. Wärme percipirt zu werden, als bei anderen. Und zwar muss sie deshalb stärker sein, weil dieselben mit einer schwächeren Empfindungsintensität begabt sind, welche bei einer zu schwachen Erregung nicht Schwellenwerth gewinnt, um in das Bewusstsein zu treten. Die Momente, welche diese Auffassung unterstützen, sind folgende: Einmal der Umstand, dass die Empfindung in der That auch bei stärkerer Erregung schwächer ist als bei den leichter reizbaren Punkten. Ferner, dass dieselben auch bei mechanischer und electrischer Erregung eine schwächere Empfindung geben. Endlich die Beobachtung, dass, wenn die Erregbarkeit der Temperaturnerven durch Abkühlung bis zur Temperaturanästhesie herabgesetzt ist, diejenigen Punkte, welche vorher als die reizbarsten und intensivsten markirt waren, auch zuerst ihre Empfindlichkeit wiedergewinnen.

Die Wahrnehmung des Temperaturgrades und das Erkennen der Temperaturunterschiede ist bekannter Maassen am schärfsten in einer gewissen, um die normale Hauttemperatur herum gelegenen Grenze. Es erklärt sich dies wohl zur Genüge aus der Herabsetzung der Nervenerregbarkeit durch die Veränderungen der Eigentemperatur. Es lässt sich leicht einsehen, dass durch eben diese Herabsetzung der Erregbarkeit mit ihrer bekannten doppelten Herleitung, verbunden mit der Nachdauer des Erregungszustandes, das Unterscheidungsvermögen für Temperaturunterschiede überhaupt geschwächt werden muss. Angenommen, die Erregung liefe momentan ab und der Nerv wäre im Stande, im nächsten Moment wieder einen neuen Reiz ungeschwächt aufzunehmen, so würde das quantitative Unterscheidungsvermögen lediglich eine cenrale Leistung sein; hier aber läuft der Erregungszustand allmälig ab

und die Empfindlichkeit für neue Reize ist herabgesetzt, und es müssen dadurch der centralen Fähigkeit des Unterscheidens Schwierigkeiten bereitet werden. Es erklärt sich vielleicht hieraus, dass in der That das Vermögen, Temperaturunterschiede zu erkennen, im Vergleich zu analogen Leistungen anderer Sinne wenig fein entwickelt ist. Die minutiöseste Leistung überhaupt ist das Unterscheiden der Temperaturdifferenz von 0·2° C.

Angesichts der mechanischen Erregbarkeit der Temperaturnerven muss man jetzt die Frage aufwerfen, wie sich die gewöhnliche flächenhafte Temperaturempfindung zu jener Eigenschaft verhält. Denn nicht nur, dass ein grosser Theil unserer Temperaturreize zugleich mit einem mechanischen Reiz verbunden ist, sondern die Haut, welche die mechanisch erregbaren Temperaturnerven enthält, erleidet ja auch vorzugsweise mechanische Reize, welche Temperaturreize zu gleicher Zeit, wenigstens im eigentlichen Sinne, nicht sind oder sein sollen. Sollten wir nun hier jedesmal Erregung der Temperaturnerven bekommen, so würde das Urtheil über *wirkliche* Temperaturreize getrübt werden. Andererseits dürfte wohl kaum ein Grund sein — da die mechanische Erregbarkeit der Temperaturnerven ausser Zweifel steht —, weshalb nicht auch ein flächenhafter mechanischer Reiz dieselben erregen sollte.

Freilich kommt hier in Betracht, dass ein flächenhafter Druck doch nicht so geeignet ist, die in der Hand verlaufenden Temperaturnervenfasern zu erregen, als der punktförmige. Denn der letztere verschiebt den Punkt gegenüber seiner ruhenden Umgebung, während bei den flächenhaften die Umgebung jedes Punktes dieselbe Bewegung mitmacht wie der Punkt selbst; und auch die dabei erfolgende allgemeine Compression des Gewebes dürfte sich auf die Nervenfasern kaum in der Weise geltend machen, wie die isolirte Druckwirkung auf den einzelnen Nerven.

Dessen ungeachtet ist es möglich, sich davon zu überzeugen, dass auch der flächenhafte Druck Temperaturempfindungen erzeugt. Man muss zur Ausübung des Druckes ein Object von sehr schlechtem Wärmeleitungsvermögen benutzen, welches ausserdem die Gefühlsnerven nicht zu stark reizt. Ich kann nach meinen Erfahrungen kleine Pfropfen von nicht zu hartem Kork — welche man zum Gebrauch anstatt des Gummis in einen Percussionshammer einziehen kann — empfehlen. Lässt man diesen Korkhammer leicht auf der Haut ruhen, so fühlt man nur Berührung, keine Temperatur; bei tieferem Eindrücken wandelt sich das Berührungsgefühl in ein sanftes Druckgefühl um, und nun treten mit zunehmendem Drucke deutliche Temperaturempfindungen auf, — meist punktförmige, aufblitzende Kälteempfindungen, seltener Wärmeempfin-

dungen. An manchen Stellen, wo die eine oder andere Nervenart bedeutend vorherrscht, bekommt man auch flächenhafte Kühle oder laue Gefühle. Bei tiefstem Eindruck wird dann nicht selten das Temperaturgefühl ein ganz bestimmt qualificirtes, entweder kaltes oder warmes, je nachdem Kälte- oder Wärmepunkte vorherrschend sind. Zuweilen tritt während des tieferen Eindrückens ein Wettstreit der Temperaturqualitäten ein. Auch findet man, dass bei mässigem Drucke kühles, bei tiefem dann warmes Gefühl entsteht; umgekehrt findet es sich zuweilen an Stellen, wo die Wärmepunkte vorherrschen, dass bei leichtem und mittlerem Drucke deutliches Wärmegefühl entsteht und erst bei tiefem einzelne Kältepunkte in die Empfindung treten. Vielleicht tritt erst bei tiefstem Druck ein Temperaturgefühl auf, und an manchen Stellen konnte ich überhaupt kein solches produciren. Dies ist besonders der Fall an den Regionen, welche vorzugsweise zum Tasten benutzt werden. Bei bleibendem Druck hält die Temperaturempfindung eine Zeit lang an, um dann abzunehmen. An besonders geeigneten Stellen hinterlässt sie eine Nachempfindung. Sehr deutlich ist das Kältegefühl beim Druck auf die Stirn. Am Nagelglied der Finger findet man volarwärts blosses Druckgefühl, dorsalwärts deutliche Kälte. Drückt man den Kork leicht erwärmt gegen die Stirn, so kann man unter Umständen beobachten, wie das erste Wärmegefühl sehr bald einer deutlichen Kühle Platz macht, welche noch nach Entfernung des Druckes nachdauert, obwohl sich der abgenommene Kork noch warm anfühlt. An manchen für Wärmeempfindung besonders geeigneten Stellen ruft kaltes Metall beim tiefen Druck deutliches Wärmegefühl hervor.

Auch bei leichtem Beklopfen der Haut mit dem Korkhammer treten bestimmt qualificirte Temperaturgefühle auf, welche bei stärkerem Beklopfen dann deutlicher werden, — ebenfalls theils punktförmige, theils flächenhafte Empfindungen.

Es braucht wohl kaum gesagt zu werden, dass zur Erkennung dieser mechanisch producirten Temperaturempfindungen ebenfalls eine gewisse Uebung und vielleicht mehr als zu den anderen bisher besprochenen Beobachtungen nothwendig ist. Man wird die Reizung mittelst Kork vielleicht häufig vergeblich machen, aber man wird sie zweifellos bestätigen können. Vor allem ist es nöthig, dass man sich vorher in der Auffassung des mechanisch und electrisch producirten punktförmigen Temperaturgefühles genügend geübt habe, denn vorwiegend sind es auch hier punktförmige Temperaturempfindungen, welche entstehen. Zunächst möchte sich wohl der Versuch an der Stirn empfehlen. Gegen den Vorwurf einer Selbsttäuschung glaube ich mich dadurch genügend schützen zu können, dass ich auch hier mit Controle gearbeitet habe.

Man findet nämlich, wenn man mit dem Korkhammer grössere Gebiete absucht, zuweilen Stellen — wie schon angedeutet —, welche ein hervorragendes Wärmegefühl, andere, welche ein hervorragendes Kältegefühl erkennen lassen. Umzeichnete ich solche Stellen und prüfte sie nachher mit dem adäquaten Reiz, d. h. mit dem kalten oder warmen Cylinder, so konnte ich mich überzeugen, dass dieselben auch dann ein ganz besonderes intensives Wärme- oder Kältegefühl gaben. Es ist daraus zugleich ersichtlich, dass man in der That durch den flächenhaften Druckreiz den Charakter einer Hautstelle in Bezug auf den Temperatursinn erkennen kann.

Wenn wir nun nicht alltäglich diese Temperaturempfindungen bei Druckreizen haben, so liegt dies wohl zunächst daran, dass sie sich eben nicht ohne Weiteres der Auffassung präsentiren, sondern ziemlich schwierig und nur bei darauf concentrirter Aufmerksamkeit wahrzunehmen sind. Sie gehören zu den Empfindungen, welche, wie die Mouches volantes, vorhanden sind, ohne dass wir uns ihrer für gewöhnlich bewusst werden. Auch sind sie neben der Druckempfindung zu schwach ausgeprägt, um besonders in das Gewicht zu fallen, namentlich da unsere Aufmerksamkeit auf die erstere gerichtet zu sein pflegt. Weiter kommt dazu, dass die alltäglichen Druckreize nach Art des Druckes und Objectmateriales nicht geeignet sind, die begleitende Erregung der Temperaturnerven zum Bewusstein zu bringen. Ist der Gegenstand hart, der Druck schmerzhaft, zu schnell wachsend, so gelingt es nicht. Ferner haben die drückenden Objecte gewöhnlich die Nebenwirkung, dass sie in merklicher Weise Wärme an die Haut abgeben oder der Haut entziehen und dadurch die Temperaturnerven reizen; die Folge davon ist, dass die etwa gleichzeitig vorhandene mechanische Erregung der Temperaturnerven nicht zur Geltung kommt.

Nachdem wir nun über den Reizvorgang Klarheit gewonnen haben, ist es nöthig, noch einmal auf das Verhältniss des Temperatursinns zur Lehre von den specifischen Energieen zurückzukommen. Da wir nämlich jeden Erregungszustand der Kältenerven als Kälte, der Wärmenerven als Wärme auffassen, jene aber durch Sinken der Hautwärme, diese durch Steigen derselben erregt werden, so folgt daraus für unsere Auffassung der auf uns wirkenden Aussendinge, dass wir in unserer Empfindung und somit auch in unserem Gedächtniss und unserer Vorstellung alle diejenigen Objecte, welche der Haut Wärme entziehen, gleichsam mit der Marke „kalt", diejenigen, welche derselben Wärme zuführen, mit der Marke „warm" versehen. Erstere sind aber im Allgemeinen solche Objecte — ich glaube hierbei von dem Wärmeleitungsvermögen absehen zu dürfen —, welche niedriger als die augenblick-

liche Hauttemperatur temperirt sind, letztere solche, welche höher temperirt sind. Wir nennen also das, was unter unserer jedesmaligen Hauttemperatur gelegen ist, kalt; das, was über ihr gelegen ist, warm. Mit anderen Worten: Ausser uns und ausserhalb unseres Sinneslebens giebt es kein Kalt und kein Warm. Für die Materie ist die Scheidung nicht vorhanden, welche wir mittelst unserer Hauttemperatur und weiterhin unseres doppelten Temperaturnervensystems vornehmen. Die Objecte, welche auf uns wirken, enthalten nur ein Mehr oder Weniger von physikalischer Wärme in sich, aber sie enthalten keine Kälte, keine Wärme in dem gegensätzlichen Sinn unserer Wahrnehmungen und Vorstellungen. — Freilich hat sich wohl, wer darüber nachgedacht hat, auch vor der Kenntniss der Kälte- und Wärmenerven schon gesagt, dass der Begriff Kälte und Wärme lediglich durch unsere Hauttemperatur in die Aussenwelt hineingetragen wird; jedoch nach der früheren Vorstellung von einem einfachen Nervenapparat, der das Sinken der Hauttemperatur als Kälte, das Steigen derselben als Wärme zum Bewusstsein brächte, war doch immerhin noch eine gewisse Verwandtschaft zwischen Kälteempfindung und Temperaturabnahme, Wärmeempfindung und Temperaturzunahme gelassen; wenn derselbe Nervenapparat auf seine Abkühlung mit der Empfindung kalt und auf seine Erwärmung mit der Empfindung warm reagirt, so war damit doch gewissermaassen eine Art von innerem Zusammenhang zwischen der Empfindung kalt und Wärmeverlust, warm und Wärmezunahme gegeben.

Jetzt aber stellt sich das Verhältniss ganz anders. Mit dem Augenblick, wo das Endorgan des Kältenerven seine durch die Abkühlung gesetzte eigene Veränderung in einen Nervenreiz umsetzt, haben wir es nur mit einer centralwärts verlaufenden Nervenerregung zu thun, welche selbst mit dem Vorgange der Abkühlung oder mit physikalischer Wärme überhaupt nicht das Geringste zu thun hat. Ebenso beim Wärmenerven. Ob die Veranlassung zu diesem Erregungszustand eine Aenderung der physikalischen Wärme, eine Aenderung der Hautwärme gewesen ist, dies ist für den Erregungszustand selbst und erst recht für die centralwärts ausgelöste Empfindung völlig gleichgültig. Unser Gehirn signalisirt dem Bewusstsein die Erregungszustände unter den sensorischen Unterschiedsmerkmalen kalt und warm; die Seele ist dadurch in den Stand gesetzt, die Erregungen der Temperaturnerven zu unterscheiden von solchen anderer Sinne, des Seh-, Hörnerven u. s. w. und als etwas Besonderes für sich aufzufassen. Eine andere Beziehung als die der Seelenzeichen haben diese Empfindungsqualitäten kalt und warm nicht, und mit dem Wesen der physikalischen Wärme an sich stehen sie in keiner Art von Relation, ebenso wenig wie etwa die Farben mit

der Anzahl der Aetheroscillationen. Ich könnte mir ebensogut vorstellen, dass wir die Abnahme der Hauttemperatur als blau, die Zunahme als roth wahrnähmen. Mit dem doppelten Leitungswege also, der sich in den Kälte- und Wärmenerven präsentirt, ist jede Verwandtschaft der Temperaturempfindungen mit den objectiven Temperaturen aufgehoben und jene lediglich als Lebensäusserungen centraler Ganglienzellen erkannt.

Erst mit dieser Darlegung gewinnen wir auch bei den Temperaturnerven die ideale Höhe des Gesetzes von den specifischen Energieen. Auch hier wieder schrumpft das bunte Leben und Empfinden, die behagliche Wärme, die fröstelnde Kälte zusammen zu einem Kaleidoskop der Täuschungen und es bleibt übrig die weder warme noch kalte, in Molecularbewegungen undulirende Materie.

Es mag hier noch seine Stelle finden, dass ein Aggregiren dieser Qualitäten kalt und warm in der Empfindung zu neuen Qualitäten, wie etwa bei Seh- und Hörnerv, nicht vorkommt; vielmehr scheint es, wie bei der electrischen Erregung der Nervenstämme angedeutet wurde, dass die eine oder andere Qualität die Oberhand gewinnt, oder dass „Wettstreit" eintritt.

Hiermit dürfte das, was sich bezüglich der Theorie des Temperatursinnes aus meinen Beobachtungen ergiebt, erledigt sein.

Das Gesammtbild des Temperatursinnes dürfte aber erst als abgeschlossen zu betrachten sein, nachdem die Verhältnisse desselben über die ganze Körperoberfläche hin eine Würdigung erfahren haben. Der Zweck des folgenden topographischen Abschnittes ist es, dieser Forderung zu genügen. Zunächst mögen die Temperaturpunkte selbst einer topographischen Betrachtung unterworfen werden.

Topographie des Temperatursinnes.

Im Allgemeinen überwiegen am ganzen Körper überall die Kältepunkte. Nur wenn man sehr eng umgrenzte Stellen herausnimmt, lässt sich an solchen bisweilen ein Ueberwiegen der Wärmepunkte nachweisen. Dies beruht dann darauf, dass gelegentlich in ein Ausstrahlungscentrum ein Ueberschuss von Wärmefasern eintritt. Eine merkliche oder auch nur ungefähre Gleichheit in der Anzahl beider Arten von Temperaturpunkten an einem grösseren Gebiet ist sehr selten. Ein Beispiel davon bietet das Nagelglied, namentlich in der unteren Hälfte. Das Gewöhnliche, gewissermaassen als normal zu Betrachtende ist, dass die Kältepunkte einfach dichter stehen als die Wärmepunkte. Weiterhin nun giebt es Gebiete, welche Kältepunkte in grosser Anzahl ent-

halten und der Wärmepunkte gänzlich ermangeln — einseitig ausgebildeter Temperatursinn —, oder wo die Wärmepunkte sehr vereinzelt, etwa nur an den Haarpunkten zu finden sind.

Das Gleiche lässt sich von dem Wärmesinn nicht sagen; es kommen auch Stellen vor, wo die Wärmepunkte ganz allein vertreten sind, allein dieselben sind so eng umgrenzt, dass es sich eben nur um die schon berührten Verhältnisse in einem oder mehreren Ausstrahlungssystemen handelt, nicht um den Charakter eines grösseren Gebietes. Die Verhältnisse in einem einzelnen herausgerissenen Rayon sind mehr zufällige, während der Charakter eines grösseren Gebietes direct von dem localen Nervenreichthum abhängt; es kann in einem nervenarmen Gebiet gelegentlich auch einmal ein ganzes Bündel von Fasern in ein einziges Ausstrahlungssystem treten. Es giebt also Gebiete, wo Kälte- und Wärmepunkte gleichmässig vorhanden sind, es giebt solche, wo die ersteren vorherrschen, solche, wo dieselben allein vorhanden sind, aber selten solche, wo die Wärmepunkte vorherrschen und nie solche, wo dieselben allein vorhanden sind.

Auch von den Gebieten, wo man von einer annähernd gleichmässigen Anzahl von Kälte und Wärmepunkten sprechen kann, ist diese nur vorhanden, wenn man die auf den ganzen Umfang vertheilte Summe in das Auge fasst. Sucht man eine in's Einzelne gehende Gleichmässigkeit, so wird man dieselbe überhaupt nie finden. Denkt man sich das Gebiet etwa in eine Anzahl sehr kleiner Quadrate getheilt, so wird man niemals in einem derselben, oder vielleicht nur ganz zufällig, ein gleichmässiges Verhältniss der Punkte zu einander finden. Dass sich nicht selten in Lücken der Kältepunkte dichtere Massen von Wärmepunkten einschieben, wurde schon erwähnt; aber überhaupt schlagen ja die Ketten der Wärmepunkte vorwiegend eine andere Richtung ein als die der Kältepunkte. Man findet höchst selten einen von beiden Punktarten gleichmässig durchwirkten Faden oder eine derartige Gruppe, sondern die Ketten und Gruppen der einen setzen sich neben die der anderen. Fallen die Ketten zusammen, so ist fast stets die eine Punktart nur in vereinzelten Exemplaren darin vertreten. Eine sehr häufige Anordnung ist auch die, dass sich reine Kältepunktketten in reine Wärmepunktketten fortsetzen und so grössere und kleinere, des Temperatursinnes baare Stellen umschliessen. Im Einzelnen also nirgends ein gleichmässiges Zusammengehen, eine gleichmässige Vermischung der Punkte, sondern ein Nebeneinanderordnen mit dem Charakter der Selbstständigkeit für jede Nervenart. Es ist gleichsam nirgends gemässigtes Klima, sondern Nord und Süd neben einander gestellt. Die Anordnung ist demnach auch nicht eine solche, dass sie den bewussten Zweck

durchblicken liesse, jede Stelle der Haut möglichst kälte- und wärmeempfindlich zu machen — was dem Bedürfniss der Zweckmässigkeit entsprechen würde und was man im Grunde genommen vordem als selbstverständlich vorausgesetzt hat. Jetzt, nach der Kenntniss der Verbreitungsweise der Temperaturnerven, — insofern sich dieselben wenigstens auf der Hautoberfläche ablesen lässt — erscheint die von einander unabhängige Anordnung der Temperaturpunkte naturgemäss, das Schema der Zweckmässigkeit muss hier der Nothwendigkeit der Wachsthumsgesetze der Haut weichen.

Die Hautsinnesfläche ist in Bezug auf den Temperatursinn überhaupt keine empfindliche Fläche als solche, sondern nur von einem empfindlichen Netz durchzogen. Dieser Umstand hat zur Folge, dass kleine Flächenreize in unmittelbarster Nachbarschaft eine sehr verschiedene Anzahl von Punkten treffen müssen und deshalb auch eine sehr verschieden-intensive Temperaturempfindung geben. Dies kann man als Methode benutzen, um die Temperatursinntopographie auf grösseren Gebieten zu studiren. Denn hierzu ist die Aufsuchung der Temperaturpunkte einerseits zu zeitraubend, ja überhaupt unmöglich, weil die Fehlerquellen eine undurchführbar lange Zeit beanspruchen; andererseits gewähren die Punkte bei grösseren Gebieten in Bezug auf das, worauf es hier ankommt, eine unzureichende Uebersichtlichkeit. Es fragt sich nur, von welcher Grösse man die Reizfläche nehmen muss. Ist dieselbe zu gross, so werden fast immer Punkte mit bedeckt und die gewöhnlichen kleineren punktfreien Räume entgehen völlig der Beobachtung. Ich habe die Fläche von 0,3—0,4 cm Durchmesser am geeignetsten gefunden. Man muss sich darüber klar sein, worin der Unterschied dieser Art von Untersuchung von der Aufsuchung der Punkte besteht und wie das aufzufassen ist, was man hier findet. Man prüft mit der Reizfläche nicht die Anzahl der Temperaturpunkte, auch nicht den Verlauf der Temperaturnerven direct, sondern lediglich die Empfindlichkeit des Temperatursinnes. Befinden sich auf der Applicationsfläche gar keine Temperaturpunkte, so ist auch die Empfindlichkeit gleich Null; befinden sich jedoch Punkte auf derselben, so können diese intensiv oder schwach empfindend sein, oder nur ein gewisser Theil intensiv; danach wird sich die Stärke der Temperaturempfindlichkeit bei Flächenapplication verschieden gestalten. Dabei wird dann eine Fläche mit wenigen, aber intensiven Punkten ein stärkeres Gefühl geben als eine andere mit mehr, aber schwachen Punkten. — Während die punktförmigen Reize uns die Anatomie der Temperatursinnesfläche lehrten, gewinnen wir durch die kleinen Flächenreize ein Bild davon, wie diese Sinnesfläche nun functionirt, in welcher Weise sie durch die in ihr

vertheilten Punkte gegen die gewöhnlichen Reize ausgerüstet und reactionsfähig gemacht wird.

Es hat sich empfohlen in Bezug auf die Empfindlichkeit der Haut gegen kleine Reizflächen gewisse Classen oder Stufen zu unterscheiden. Wenn auch willkürlich, so ergeben sie sich doch gewissermaassen von selbst. Ich habe demzufolge die gereizten Flächen markirt als „stark, mittelmässig, schwach empfindlich und unempfindlich.“ Noch mehr Kategorieen zu unterscheiden hat deshalb keinen Zweck, weil es im Wesentlichen hier darauf ankommt, die empfindlicheren Felder gegen die unempfindlichen oder nahezu unempfindlichen abzugrenzen. Daraus ergiebt sich auch, dass als „schwach“ nur diejenigen Flächen bezeichnet wurden, auf denen das Temperaturgefühl nicht überhaupt geringgradig ist, sondern als solches eben nur noch zu erkennen ist. Die mittelmässigen Felder sind diejenigen, auf denen ein wohlqualificirtes ausgeprägtes Temperaturgefühl zu produciren ist, während die starken Felder eine hervorragend intensive Temperaturempfindung geben. Die Art der Bezeichnung wurde derartig gewählt, dass die starken Felder ausgetuscht, die mittleren schraffirt, die schwachen punktirt und die unempfindlichen freigelassen wurden. Die Herstellung geschah in der Weise, dass auf den bekleideten Körperstellen die Signaturen mit Bismarckbraun aufgetragen wurden. Die Aufnahme wurde je nach der Grösse des Gebietes in 10—30 Sitzungen, auch darüber, bewerkstelligt und dauerte bis zu 5 Tagen und darüber. Die Signaturen wurden wiederholt controlirt und zwar zum Theil bei abgewandten Augen von einer anderen Person. An den unbekleideten Körperstellen wurden die Aufnahmen im Verlaufe je eines halben Tages gemacht und gewöhnlich am nächsten Morgen noch einmal controlirt. — Erst bei wiederholter Controle erlangen die Aufnahmen eine befriedigende Correctheit; es ist leicht einzusehen, dass bei der Absuchung der mit Punkten übersäeten Sinnesfläche in Bezug auf die scharfe Abgrenzung der Felder leicht Fehlerquellen entstehen können.

Betrachtet man die solchergestalt gewonnenen topographischen Aufnahmen des Kälte- und Wärmesinnes,[1]) so fällt das bunte Bild, welches die temperaturempfindlichen Felder darbieten, noch mehr auf als bei den Punktbildern. Es ist im Vergleich zu unseren früheren Anschauungen gewiss frappirend, einen derartigen landkartenähnlichen Wechsel innerhalb der Sinnesfläche zu sehen. Auffallend ist vor allen Dingen die Häufigkeit der anästhetischen Stellen namentlich beim Wärmesinn. Sie sind theils klein, von rundlicher Form, theils mehr

[1]) Vergl. hierzu die Abbildungen Taf. I Fig. 10 und Taf. II Fig. 13.

minder verbreitert. Die stark empfindlichen Felder setzen sich häufig gegen die anästhetischen scharf ab; andererseits finden sich auch deutliche Uebergänge von einem anästhetischen Gebiet bis zu einem stark empfindlichen. Fast überall stehen die wärmeempfindlichen Felder gegen die kälteempfindlichen an Zahl zurück, namentlich die stark empfindlichen. — Die Existenz der kleinen Lücken erklärt sich, wenn man sich des Umstandes erinnert, dass die Ketten der Punkte vielfach rundlich-längliche Felder umschliessen. Neben diesen Lücken finden sich nun auch andere, namentlich bei Wärmesinn, von solcher Ausdehnung, dass man sie nur als derartige auffassen kann, welche der Innervation gänzlich entbehren. Während also die kleineren Lücken durch den divergirenden Verlauf der Nervenfasern veranlasst sind, d. h. durch den Typus der Anordnung als solchen, sind es die grossen durch einen wirklichen Mangel an Nerven.

Hat man eine topographische Aufnahme des Kältesinnes auf die Haut aufgezeichnet und prüft dieselbe nun mit Wärmereizen, so findet man, dass vielfach in Lücken oder schwachen Feldern des ersteren starkes Wärmegefühl vorhanden ist; andererseits aber auch auf mittelmässig und stark empfindlichen Kältefeldern solches sich vorfindet. Sehr häufig jedoch erweisen sich die Kältesinnlücken auch für Wärmereize unempfindlich. Man kann sich dieses Verhältniss in der deutlichsten Weise vor Augen führen, wenn man von demselben Gebiete erst eine Aufnahme der einen, dann der anderen Qualität des Temperatursinnes abzeichnet und diese beiden Zeichnungen dann mit einander vergleicht. Ich habe dies für meine Untersuchungen immer in der Weise gemacht, dass ich die Zeichnungen, welche ja von vornherein auf durchsichtiges Papier gebracht werden, durch Aufeinanderdecken verglich. Man kann es, ohne Deckung, wenn auch unbequemer, auch durch Abmessung der Entfernungen oder durch Eintheilung in kleinere Abschnitte thun; endlich habe ich auch die Vergleichung im Stereoskop für ausführbar befunden. Man ersieht, wenn man eine solche directe Vergleichung der Kältesinn- und Wärmesinntopographie anstellt, dass ein Theil der Lücken der einen Qualität durch Felder der anderen bedeckt werden; dass ein anderer Theil derselben jedoch beiden Quantitäten gemeinsam ist; endlich kommt es vor, dass eine Lücke der einen Qualität wohl theilweise durch ein Feld der anderen ausgefüllt wird, dass aber ein mehr minder grosser Rest derselben stehen bleibt und also beiden gemeinschaftlich angehört.

Während also für die erste Betrachtung die Kältesinntopographie eines Gebietes mit der Wärmesinntopographie desselben gar keine Aehnlichkeit zu haben scheint — ebenso wenig wie sie die Punktbilder

haben — ergiebt sich bei näherer Vergleichung doch vielfach eine Uebereinstimmung in der Anlage. Denn für etwas Zufälliges kann das Zusammenfallen oft sehr kleiner Lücken nicht gehalten werden. Dazu kommt nun noch das Verhalten des Temperatursinnes in dem Umkreis der Lücken. In der Umgebung dieser gemeinsamen Lücken finden sich nämlich meist von jeder Qualität stark empfindliche Felder und zwar so, dass dieselben für jede Qualität bestimmte Abschnitte einnehmen, während der Rest des Ringes durch schwächere Felder geschlossen wird oder auch offen bleibt. Diese stark empfindlichen Abschnitte nun fallen für die beiden Qualitäten nur zum geringen Theile zusammen; vorwiegend vielmehr sind sie getrennt, liegen von der Lücke aus gesehen nach verschiedenen Richtungen. Hin und wieder findet sich auch eine solche Lücke von ganz stark empfindlichen Feldern einer Qualität, namentlich des Kältesinnes, umgeben. Wir finden in diesem gewissermaassen complementären Verhältniss das bestätigt, was früher über das Zusammentreten von Kältepunktketten mit Wärmepunktketten zu rundlichen Figuren, welche leere Räume umschliessen, gesagt war. Diese sich ergänzenden temperaturempfindlichen Ringe entsprechen also den in einander laufenden Punktketten.

Betrachtet man diese topographischen Bilder, ohne sich der Anordnung der Punkte zu erinnern, so kann man noch auf eine andere Vermuthung geführt werden. Diese Lücken nämlich mit den sie umgebenden, sich ergänzenden Ringen machen den Eindruck, als ob die Lücke dem Eintritt eines Nervenstammes in die Haut entspricht, dessen Fasern nun nach allen Richtungen des Umkreises auseinandertreten und zwar derartig, dass die Kältefasern und Wärmefasern nach verschiedenen Richtungen divergiren, — etwa wie die Fasern des Sehnerven von der Papille aus. Ich selbst habe in meiner ersten Publication über diesen Gegenstand gelegentlich der Anordnung der Punkte eine solche Anschauung vertreten und gemeint, dass der Typus der Anordnung ein areolärer sei, indem von dem centralwärts gelegenen Nervenstämmchen aus die Fasern, wie ein plattgedrückter Pinsel, nach der Peripherie ausstrahlten. Diese Anschauung ist jedoch unrichtig; die rundlichen Figuren stellen keine Einheit dar, sondern gehören verschiedenen Ausstrahlungsrayons an. Nimmt man von solchen Stellen des topographischen Bildes, welche den netzhautartigen Bau vortäuschen, die einzelnen Temperaturpunkte auf, so zeigt sich, dass die letzteren nicht etwa von der Lücke aus divergiren, sondern eben von den bestimmten Ausstrahlungscentren in der früher beschriebenen Weise.

Dennoch scheint es, als ob einzelnen von den Lücken doch diese Bedeutung zukomme, dass sie nämlich den Eintritt von Nerven-

stämmen bezeichnen. Nicht nur, dass sich zuweilen bei den Punktbildern Ausstrahlungscentren finden, welche selbst keine Punkte enthalten, sondern es zeigen auch manche anästhetischen Lücken der topographischen Aufnahme, wenn man das Punktbild damit vergleicht, eine Divergenz der Punktketten von der Lücke aus.

Es scheinen nach dieser Darlegung demnach die in die Temperatursinnesfläche eingestreuten Lücken eine dreifach verschiedene Bedeutung zu haben. Die Mehrzahl sind als eigentliche Lücken der Sinnesfläche nicht zu bezeichnen, denn sie entsprechen den regulären rundlichen Interstitien zwischen den Punktketten, welche durch die Anordnung der Endorgane naturgemäss bedingt sind; sie imponiren uns nur insofern als Lücken, als wir gewöhnt sind, die unberechtigte Anforderung zu stellen, dass die Haut in ihrer ganzen Fläche temperaturempfindlich sein soll. Ein Theil aber sind wirkliche Lücken in der Sinnesfläche; von diesen entspricht wieder eine Anzahl den Eintrittsstellen grösserer Temperaturnervenstämme in die Haut, während ein anderer Theil durch die Interstitien zwischen verschiedenen Innervationsgebieten bedingt ist.

Da der Anordnungstypus der Temperaturpunkte überall derselbe ist und die Häufigkeit der Punkte sich nicht immer mit ihrer Empfindlichkeit deckt, — wie schon hervorgehoben wurde —, so folgt daraus, dass für das topographische Studium des Temperatursinnes am ganzen Körper die Prüfung desselben mittelst kleiner Reizflächen genügend ist und die Aufnahme der Punkte von jedem Körpertheile entbehrt werden kann. Ja, wir würden mittelst Punktbilder, welchen doch aus oben erörterten Gründen gewisse räumliche Grenzen gesetzt sind, nicht einmal eine richtige Vorstellung über die topographische Verbreitung des Temperatursinnes bekommen. Es zeigt sich nämlich bei der Untersuchung mit kleinen und grösseren Reizflächen, dass auch innerhalb einer Körperregion topographische Unterschiede in grossem Maassstabe vorhanden sind, noch weit ausgedehnterer Art, als eben erörtert wurde. Die Ausbildung des Temperatursinnes ist nämlich überall abhängig von dem localen Nervenreichthum. Man kann fast überall constatiren, dass dort, wo die bekannten, anatomisch benannten Hautnerven in die Haut eintreten und sich in derselben zu verbreiten beginnen, eine lebhaftere Entwickelung des Temperatursinnes Platz greift und nach den Grenzen ihrer Verbreitungsbezirke hin abnimmt, um in den Interstitien zwischen den verschiedenen Innervationsterritorien einer fast völligen Temperaturanästhesie zu weichen. Es kann deshalb von einem und demselben Körpertheile ein herausgegriffener, selbst grösserer Bezirk sehr wenige, ein anderer sehr viele Temperaturpunkte zeigen — namentlich bei Wärmepunkten ist dies sogar etwas sehr Gewöhnliches. Es ist deshalb für

topographische Untersuchungen durchaus nothwendig, nicht einfach blos die Körpertheile, sondern die Innervationsterritorien der Betrachtung zu unterziehen — ein Umstand, der mir bis jetzt nicht genügend beachtet worden zu sein scheint und auf den ich übrigens noch zurückkommen werde. Es empfiehlt sich überhaupt, wenn man Temperaturpunkte, gleichviel zu welchem Zweck, aufsuchen will, vorerst durch Flächenreize möglichst empfindliche Partieen auszuwählen, und es möchte dieser Wink speciell für den Fall, dass die Untersuchung der Temperaturpunkte eine klinische Verwerthung gewänne, beachtenswerth sein.

Wenn man das topographische Verhalten der Temperaturpunkte in der Weise prüft, dass man Flächenaufnahmen herstellt und von markanten Partieen derselben nun Punktbilder aufnimmt, so ergeben sich dabei gewisse topographische Verschiedenheiten, welche folgendermaassen zusammengefasst werden können: Die Kältepunkte stehen an den kälteempfindlicheren Körperstellen im Grossen und Ganzen auch dichter, in den empfindlichsten am dichtesten. An letzteren finden sich nicht selten derartig dichte Gruppen von Kältepunkten, dass es mittelst des adäquaten Reizes unmöglich erscheint, dieselben von einander zu sondern, auch wenn man mit der Lupe arbeitet. Jeder Punkt eines solchen Flächenstückes erscheint in gleichem Maasse kälteempfindlich. In diesen Anhäufungen ist auch demgemäss ein Ausstrahlungstypus nicht zu erkennen. An den schwach kälteempfindlichen Körpertheilen sind auch sehr wenig Kältepunkte vorhanden, und es giebt grosse Gebiete, wo sich nur an den Haaren Kältepunkte finden. Dies ist das Gegenstück zu dem Vorigen in Bezug auf den Ausstrahlungstypus, welcher sich hier auf die centralen Punkte reducirt hat.

In gleicher Weise zeigen sich auch die Wärmepunkte an den wärmeempfindlichsten Theilen am dichtesten, während sie sich an den schwach wärmeempfindlichen auf die Haarpunkte reduciren und oft auf grossen Strecken nur in dieser Vertheilung zu finden sind. Jedoch stehen die Wärmepunkte nie in unauflösbar dichten Gruppen, sie erreichen nie auch nur annähernd eine derartige Dichtigkeit, wie sie bei Kältepunkten etwas sehr Gewöhnliches ist. — Ausser in ihrer Häufigkeit unterliegen die Temperaturpunkte wesentlichen topographischen Verschiedenheiten in Bezug auf ihre Reizbarkeit und auf die Intensität ihrer Empfindung — Dinge, welche, wie wir gesehen haben, Hand in Hand gehen. An den kälteempfindlichsten Theilen sind demnach die Kältepunkte nicht blos im Allgemeinen dichter, sondern in der Mehrzahl von viel grösserer Intensität die Empfindung. Es giebt Körpertheile, wo diese so gesteigert ist, dass der Reizung eines einzelnen Kältepunktes mit dem blossen Messingcylinder ein höchst unangenehm kaltes Gefühl

erzeugt. Als den stärksten Grad der Kälteempfindlichkeit möchte ich übrigens denjenigen bezeichnen, wo das Kältegefühl einen brennenden Charakter hat; daran reihen sich dann die Hautstellen, wo, auch bei einfachem Metallreiz, ein nasskaltes Gefühl entsteht; das einfach kalte Gefühl entspricht schon einer viel geringeren Empfindlichkeit.

Die Dichtigkeitsverhältnisse der Temperaturpunkte zeigen übrigens, dass bei der allbekannten so verschiedenen Temperaturempfindlichkeit der verschiedenen Körpertheile nicht lediglich ihre Gewöhnung in Betracht kommt — wie dies meist angenommen zu werden pflegt, — sondern dass diese Verschiedenheiten durch den Nervenapparat anatomisch begründet sind. Sehr auffallend ist die Abnahme der Temperaturpunkte, sowohl nach Zahl wie nach Intensität, an denjenigen Hautstellen, welche vorzugsweise dem Tastsinn dienen, wie besonders den Fingerbeeren (vgl. Abbildung), den Hohlhandwülsten an den Metacarpo-Phalangealgelenken, dem Daumen- und Kleinfingerballen. Die Abbildungen 5—9 Taf. I zeigen das Verhalten der Temperaturpunkte an verschiedenen Körperregionen.

An den durch kleine Reizflächen gewonnenen topographischen Aufnahmen sind in nächster Nachbarschaft die verschiedensten Abstufungen der Temperaturempfindlichkeit neben einander geordnet. Dieselbe Wärmequelle wird dicht bei einander verschieden warm, dieselbe Kältequelle verschieden kalt gefühlt. Man muss sich Angesichts dieser Verhältnisse fragen, wie es überhaupt möglich sei, ein bestimmtes Urtheil über den Temperaturgrad eines Objects zu bekommen. Denn es erscheint wohl als möglich, sich auf die Empfindlichkeit verschiedener Körperregionen empirisch einzuüben, aber als unmöglich, die Empfindlichkeit jedes kleinsten Bezirkes dem Gedächtniss einzuverleiben. Es ist wohl in diesem Umstande der Grund dafür zu suchen, dass wir zur Messung von Temperaturen eine grössere Fläche zu benutzen pflegen. Wird ein grösseres Gebiet annähernd gleichzeitig von demselben Temperaturreiz getroffen, so kommt die Summe aller dort producirten Temperaturempfindungen zum Bewusstsein, d. h. die Summe aller dort befindlichen intensiven Kälte- oder Wärmefelder, während die schwachen Stellen nicht in Betracht kommen und die unempfindlichen nicht stören. Da nun die topographischen Aufnahmen überall eine ähnliche Veranlagung des Temperatursinnes, überall einen ähnlichen Wechsel von starken, schwachen und unempfindlichen Feldern zeigen, so müsste es bei einem grossen Flächenreiz ganz gleichgültig sein, welche Körperregion er trifft. Hierüber giebt nun der Umstand Aufklärung, dass sich an den verschiedenen Körpertheilen die Empfindungsintensität der Temperaturpunkte selbst in grossem Maassstabe verschieden verhält. Demgemäss sind auch die

topographischen Aufnahmen mit kleinen Reizflächen nur auf die Empfindlichkeitsskala der betreffenden Hautregion berechnet und hergestellt, nicht auf die Skala des ganzen Körpers. Ein Feld, welches am Vorderarm als ein intensivstes Kältefeld bezeichnet wird, würde nicht auch am Oberschenkel denselben Rang einnehmen; eine Stelle, die am Vorderarm als ein intensivstes Wärmefeld imponirt, würde am Unterleib nicht als solches gelten können. Man wird es hiernach als nothwendig anerkennen, diejenige Temperaturempfindlichkeit, welche eine beliebige Hautstelle im Vergleich zu den nächstbenachbarten besitzt, zu unterscheiden von derjenigen, welche einem Organtheil, einem mehr oder minder ausgedehnten, aber anatomisch irgendwie bestimmten Hautbezirke als gemeinsamer Charakter anhaftet, und ich halte es für zweckmässig, jene als die locale, diese als die regionäre Temperaturempfindlichkeit zu bezeichnen. Die Unterschiede der localen Empfindlichkeit demgemäss werden durch die Grösse der Fläche überbrückt, selbst aber ist der Flächenreiz und demgemäss die Flächenempfindung den Unterschieden der regionären Empfindlichkeit unterworfen.

Die Dicke der leitenden Epidermis wurde bisher noch nicht in Betracht gezogen. E. H. Weber hat ihr für die Temperaturempfindlichkeit eine grosse Bedeutung beigemessen.[1]) Er führt z. B. an, dass beim Eintauchen der Hand in kaltes Wasser zuerst am Handrücken Kälteempfindung eintrete, dann, während diese nachlasse, nach 8 Secunden an der Volarfläche der Hand ein wachsendes Kältegefühl sich einstellt. Diese Erscheinung, welche ich bestätigen kann, möchte ich ebenfalls auf die Dickenunterschiede der Epidermis beziehen, wobei ich bezüglich des Nachlassens der Kälteempfindung am Handrücken noch besonders den Umstand hervorheben möchte, dass an den mit dünnerer Epidermis versehenen Stellen schneller eine Abkühlung der Nerven selbst und damit eine Herabsetzung der Erregbarkeit eintreten werde. Jedoch dürfte die Dicke der Epidermis im Allgemeinen nicht von zu grossem Einflusse sein. Weber selbst macht schon auf die an eng benachbarten Stellen oft sehr verschiedene Temperaturempfindlichkeit aufmerksam. Die oben dargestellten Verschiedenheiten der localen Temperaturempfindlichkeit lassen sich offenbar nicht durch den Leitungswiderstand erklären. Die Wirkung des grösseren Leitungswiderstandes wird hauptsächlich — besonders bei Anwendung von Metall für den Kältereiz — darin bestehen, dass die Temperaturempfindung später eintritt. Ferner deuten die verschiedene Häufigkeit der Temperaturpunkte und die unzweifelhafte Localisation des intensivsten Temperaturgefühles an den Endausbreitungen der Nervenstämme darauf hin, dass das Hauptmoment

[1]) E. H. Weber, Der Tastsinn und das Gemeingefühl. S. 552.

in der Innervation zu suchen ist, und zwar nicht blos für die locale, sondern auch für die regionäre Temperaturempfindlichkeit. Zudem entsprachen die regionären Dickenunterschiede der Epidermis nicht überall denjenigen der Temperaturempfindlichkeit. An den Augenlidern zwar, welche sich durch Temperaturempfindlichkeit auszeichnen, ist die Epidermis sehr dünn, allein ebenso am Penis, wo die Temperaturempfindlichkeit sehr gering ist. Am Rücken ist sie dicker als an der Vorderseite des Rumpfes, an der Streckseite der Glieder dicker als an der Beugefläche — Unterschiede, welche für die Temperaturempfindlichkeit im Allgemeinen nicht ebenso vorhanden sind.

Bezüglich der Frage, ob die Temperaturempfindlichkeit sich auf beiden Körperhälften topographisch gleich verhalte, habe ich mehrfach topographische Aufnahmen gleichliegender Bezirke beider Hälften gemacht. Es hat sich dabei ergeben, dass die Bilder auf beiden Seiten verschieden aussehen. Hin und wieder scheint es, als ob eine Art von complementärem Verhalten bestände, als ob den Lücken der einen Seite Intensitätsfelder der anderen Seite entsprächen. An anderen Stellen jedoch ist dies wieder nicht der Fall, so dass eine derartige Regel entschieden nicht aufgestellt werden kann, diese Vorkommnisse vielmehr als Zufälligkeiten zu deuten sind, wie sie bei dem doch überall ähnlichen Anordnungstypus der Punkte nicht Wunder nehmen können. Es scheint jedoch, dass, wenn auch die Vertheilung der Nervenfasern beiderseits eine verschiedene, so doch die Summe ungefähr gleich ist und dass eben sodas Verhältniss von Kälte- zu Wärmenerven auf beiden Seiten ein etwas entsprechendes ist. Auf einzelne besondere Differenzen werden wir noch zurückkommen. Es ist auch dem entsprechend im Allgemeinen die regionäre Empfindlichkeit beiderseits gleich. In Uebereinstimmung hiermit steht es, dass auch die Punktbilder entsprechender begrenzter Stellen beider Seiten nicht übererreinstimmen; es wurden zu den vergleichenden Untersuchungen der Punkte die Rückenfläche der Nagelphalanx, der Fingergelenke und ähnliche genau bestimmbare Stellen benutzt.

Zur Untersuchung der regionären Empfindlichkeit wählt man besser eine grössere Fläche, als sie zur Untersuchung der localen verwendet wurde. Ich habe die Grundfläche eines Cylinders benutzt, welcher 1 cm Dickendurchmesser hat. Diese Reizfläche wird, indem man den Cylinder sanft aufsetzt und nach dem Abheben fortschreitend immer neben die alte Stelle setzt, über die betreffende Region hinbewegt.

Es kommt dabei für die Beurtheilung der Temperaturempfindlichkeit sehr zu Statten, wenn man dieselbe jederzeit mit bestimmten fixen Werthen vergleichen kann. Als solche präsentirt sich naturgemäss die

Temperaturempfindlichkeit derjenigen Körperstellen, welche das Maximum von Temperaturempfindlichkeit am ganzen Körper besitzen. Wir werden demnach eine Kälteempfindung vergleichen mit derjenigen Kälteempfindung, welche uns auf denselben Reiz hin einer der kälteempfindlichsten Theile des ganzen Körpers giebt, und entsprechend eine Wärmeempfindung. Wir werden dadurch in die Lage gesetzt, einer jeden Region eine ungefähre Stelle in Bezug auf ihren Temperatursinn zuzuweisen. Nebenbei hat dieses Verfahren den Vortheil, dass sich der Umstand des Nichtconstantbleibens des Temperaturreizes weniger störend geltend macht. Eine eigentliche Skala der regionären Temperaturempfindlichkeit aufzustellen, erscheint mir nicht durchführbar, weil die Verhältnisse auch innerhalb der anatomisch bestimmten Körperabschnitte zu mannigfaltig sind. Eher wäre es möglich eine solche Skala zu construiren, wenn man sich lediglich an die Innervationsterritorien hielte; man würde dann ohne Zweifel nachweisen können, dass gewisse Hautnervenstämme mehr Temperaturnerven führen als gewisse andere. Es sei hier nur bemerkt, dass sich mir als die temperaturempfindlichsten Theile Brustwarze und Augenlid und am wenigsten temperaturempfindlich die Kopfhaut erwiesen haben.

Jedoch möchte es von einigem Interesse sein, eine kurze Notiz darüber zu geben, welche Entwickelung der Temperatursinnesapparat in den einzelnen Körperregionen gefunden hat, namentlich mit Rücksicht auf das gegenseitige Verhältniss von Kälte- zu Wärmesinn. Die im Folgenden gemachten Angaben sind der Untersuchung am eigenen Körper entnommen und die von besonderer Wichtigkeit erscheinenden bei anderen Personen verglichen worden.

	Kältesinn.	Wärmesinn.
Kopfhaut.	Im Ganzen wenig entwickelt. Mässig in den Gebieten des N. frontalis, Auriculo-Temporalis, Occipitalis major.	Ueberhaupt nur an wenigen Stellen und zwar den Gebieten der nebenstehenden Nerven vorhanden.
Stirn.	Intensiv, besonders an den seitlichen Partieen.	Mässig, an den seitlichen Partieen besser.
Augenlider.	Sehr intensiv.	Sehr intensiv.
Wange.	In ihrem mittleren Theil mässig. Nach dem Unterkiefer und dem Ohr zu ziemlich intensiv, ebenso in der Fossa canina, nach dem Mundwinkel und dem Auge zu. Jochbogen (bei mir) rechts schwach, links mässig. Ebenso ist der mittlere Wangentheil (bei mir) rechts schwächer als links.	Im Allgemeinen wie Kältesinn. Mitte der Wange mässig; nach hinten, unten und dem Mundwinkel zu stärker, noch mehr nach dem Auge zu und in der Fossa canina. Auch die Wärmeempfindlichkeit ist (bei mir) in der Wangenmitte und am Jochbogen linkerseits stärker als rechts.

	Kältesinn.	Wärmesinn.
Schläfe.	Ziemlich intensiv, oberer Theil mehr wie unterer. Behaarte Schläfe mässig.	Rechterseits (bei mir) untere Hälfte mässig, obere stark wärmeempfindlich. Linkerseits die untere Hälfte stärker als die entsprechende rechts, obere Hälfte jedoch schwächer.
Nase.	Ziemlich intensiv, aber schwächer als die angrenzenden Partieen. Mittellinie am schwächsten. Beide Nasenflügel gleichmässig.	Nasenrücken und-Flügel schwach, jedoch der linke Flügel stärker als der rechte. Der abfallende Theil des Nasenrückens intensiv.
Ohrmuschel.	Sehr mässig, nach dem Gehörgang zu intensiv.	Im Allgemeinen schwach. Hintere Fläche des Ohrläppchens und oberer Theil der kahnförmigen Grube stärker. Ebenso nach dem Gehörgang zu.
Lippe.	Rother Lippensaum mässig, übrige Lippenhaut stark.	Rother Lippensaum schwach. Haut der Unterlippe mässig. Haut der Oberlippe schwächer.
Kinn.	Ziemlich intensiv, nach den Mundwinkeln zu noch stärker.	Mässig, nach den Mundwinkeln zu intensiv.
Hals.	Vorn in der Mittellinie schwach, seitlich mässig, nach hinten zu intensiver.	Ebenso wie Kältesinn.
Brust.	Sternum mässig. Sonst meist intensiv. Mamillargegend sehr intensiv.	Sternum schwach. Mamillargegend sehr intensiv. Sonst mässig, schwächer als am Bauch.
Bauch.	Sehr intensiv, besonders nach den Leistengegenden zu. Umbilicalgegend schwächer.	Ebenso wie Kältesinn. Umbilicalgegend nahezu anästhetisch.
Rücken.	Ueberall sehr intensiv. Fossa supraspinata schwächer. Mittlerer, dem Rückgrat entsprechender Theil ebenfalls schwächer.	Grösstentheils ziemlich intensiv. Dem Rückgrat entsprechend schwächer.
Gesäss.	Ziemlich intensiv, medianwärts am stärksten.	Ebenso wie Kältesinn.
Oberarm.	Sehr intensiv, Achselhöhle nur mässig.	Mässig, an manchen Gebieten intensiv, relativ am stärksten an der äusseren Fläche. Achselhöhle schwach.
Unterarm.	In der Nähe des Ellbogengelenks sehr intensiv, nach der Hand zu abnehmend. Haut über dem Olecranon fast anästhetisch.	In der Nähe des Ellbogens ziemlich intensiv; ebenfalls nach der Hand zu abnehmend. Beuge- und Streckfläche schwächer als Radial- und Ulnarfläche. Haut über dem Olecranon anästhetisch.

	Kältesinn.	Wärmesinn.
Hand.	Am Handrücken die hintere Hälfte bedeutend schwächer als die vordere, und zwar am Radial- und Ulnarrande wieder etwas stärker als in der rein dorsalen Fläche. In der vorderen Hälfte in den Spatiis interosseis intensiver als auf den Knochen. Fingerrücken schwächer als Handrücken, die Kälteempfindlichkeit nimmt nach dem Nagelglied zu progressiv ab. Dorsalfläche der Gelenke sehr schwach. Handteller mässig, sonst fast überall an der Volarfläche schwach. Daumenballen stärker als Kleinfingerballen. Volarfläche der Nagelglieder am schwächsten, II. Phalanx stärker, I. Phalanx zuweilen wieder schwächer; in der Regel ist die Volarfläche der Phalangen centralwärts empfindlicher als nach der Peripherie.	In allen Stücken entsprechend dem Kältesinn.
Oberschenkel.	Vordere und innere Fläche sehr intensiv, bis auf die Interstitien zwischen den Nerventerritorien. Aeussere und hintere Fläche mässig, äussere jedoch nach der Hüfte zu intensiv.	Vordere und innere Fläche streckenweise mässig, meist schwach. Aeussere und hintere Fläche schwächer, besonders äussere. An der hinteren Seite vereinzelte mässige Felder.
Kniescheibe.	Mässig.	Fast anästhetisch.
Unterschenkel.	Im Allgemeinen intensiv. An der Wade etwas stärker als an der vorderen und äusseren Fläche.	Im Allgemeinen schwach. Einzelne mässige Partieen, besonders nach oben zu. Merkbarer Unterschied zwischen Wade und anderen Flächen nicht vorhanden.
Fuss.	Fussrücken im mittleren Theil mässig, jedoch nach dem äusseren und inneren Fussrande zu stärker. Nach dem Fussgelenk zu intensiv; ebenso nach den Zehen zu, und zwar besonders in den Spatiis interosseis. An der Rückenfläche des Nagel- u. Mittelgliedes mässige Empfindlichkeit, erstes Glied stärker. Grosse Zehe schwächer als die vier anderen. Sohlenfläche ziemlich intensiv, besonders nach dem inneren Fussrande zu. Vorderer Theil und Ferse schwach. An der Plantarfläche der Zehen schwach, ersteres Glied stärker als Mittel- und Nagelglied.	Mittlerer Theil schwach, nach vorn und nach dem Fussgelenk zu etwas stärker, ebenso am äusseren Fussrande. Zehen schwach, mit demselben Unterschiede wie beim Kältesinn. Mittlerer Theil der Sohlenfläche mässig, sonst ebenso wie beim Kältesinn.

	Kältesinn.	Wärmesinn.
Schleimhäute. Auge.	Der Kältesinn dehnt sich an der äusseren Fläche der Augenlider bis an die Cilien aus, am stärksten am äusseren und inneren Winkel, sowie an der Caruncula lacrimalis. Mit dem Beginne der Conjunctiva hört er auf.	Ebenso wie beim Kältesinn.
Nasenhöhle.	An der Nasenscheidewand geht die Kälteempfindlichkeit 1·3 cm hoch (bei mir); vorn 1·0 cm hoch. Auf den anderen Seiten scheint sie mit Beginn der Schleimhaut aufzuhören.	Nur an der äusseren Fläche vorhanden.
Mundhöhle. Unterlippe.	Innere Fläche der Unterlippe kälteempfindlich bis auf die mittlere Partie, am stärksten nach den Mundwinkeln zu. An der Umschlagsstelle gegen das Zahnfleisch hört der Kältesinn auf.	Nur nach den Mundwinkeln zu, jedoch äusserst schwach, entwickelt.
Oberlippe.	Stärker kälteempfindlich als Unterlippe.	Ebenso wie Unterlippe.
Unteres Zahnfleisch.	Nur an den zwischen den Zähnen befindlichen Dreiecken vorhanden. Am linken ersten Backenzahn und rechten Augenzahn auch der untere Theil des Zahnfleisches kälteempfindlich. Die hintere Fläche des Zahnfleisches ebenfalls nach dem oberen Rande zu kälteempfindlich.	Keine Wärmeempfindlichkeit vorhanden.
Oberes Zahnfleisch.	Nicht kälteempfindlich, bis auf den dem beiderseitigen Augenzahn entsprechenden Theil des Zahnfleisches. Hintere Fläche kälteempfindlich.	Keine Wärmeempfindlichkeit vorhanden.
Backenschleimhaut.	Kälteempfindlichkeit vorhanden, welche nach hinten zu abnimmt.	Sehr schwach entwickelter Wärmesinn.
Boden der Mundhöhle.	Sehr schwach entwickelter Kältesinn.	Keine Wärmeempfindlichkeit vorhanden.
Zunge.	Untere Fläche und besonders Spitze stark. Rückenfläche schwächer, nach hinten zu wieder etwas zunehmend.	Aeusserst schwach und undeutlich.
Gaumen.	Mitte mässig, nach beiden Seiten ziemlich intensiv. Nach hinten zu schwächer; schliesslich kommt ein unbestimmtes Gefühl zu Stande.	Wärmeempfindlichkeit nicht vorhanden.

Zu einer allgemein gültigen Feststellung der Temperatursinnes-Topographie würde eine viel grössere Anzahl vergleichender Prüfungen an anderen Personen nothwendig sein. Jedoch habe ich die hauptsäch-

lichsten Unterschiede bis jetzt überall bestätigt gefunden. Die von mir angestellten Prüfungen genügen aber vollständig, um einigen allgemeinen Sätzen als Schlussfolgerungen Raum zu geben.

Es hat sich nämlich zunächst ergeben — was oben schon angedeutet wurde —, dass der Wärmesinn überall intensiv und extensiv geringer angelegt ist als der Kältesinn. Es giebt keine Region, wo der Wärmesinn stärker entwickelt wäre als der Kältesinn. Dieses Verhältniss gilt sowohl für bekleidete wie für unbekleidete Hauttheile. Je höher in einer Region die Wärmeempfindlichkeit entwickelt ist, desto höher auch die Kälteempfindlichkeit, und zwar in dem Sinne, dass letztere dabei immer noch die erstere an Ausdehnung und Stärke übertrifft. Jedoch gilt dieser Satz nicht auch umgekehrt, denn es giebt Regionen, wo die Kälteempfindlichkeit eine ziemlich ausgebildete ist, während die Wärmeempfindlichkeit sehr schwach ist oder ganz fehlt. Bei einem mässig entwickelten Wärmesinn wird man schon immer einen ziemlich starken Kältesinn, bei einem stark entwickelten Wärmesinn einen höchst intensiven Kältesinn finden.

Wenn wir nun fragen, wodurch die regionären Unterschiede der Temperaturempfindlichkeit bedingt seien, so deuten die Erscheinungen darauf, dass hierbei das wesentlichste Moment der unmittelbare Nervenreichthum selbst, die Innervation mit Kältenerven und Wärmenerven, ist. Dies wird nämlich dadurch bewiesen, dass — wie bereits kurz angedeutet worden ist — überall die räumliche Ausbreitung sowohl, wie die Abstufungen der Intensität der Temperaturempfindlichkeit innerhalb einer Körperregion in directer Abhängigkeit sich zeigt von der anatomischen Verbreitung der Hautnerven. Im Kleinen sehen wir dies an den Verhältnissen des Hand- und Fussrückens. Diejenigen Theile der Hautfläche, welche den Zwischenknochenräumen entsprechen, sind hier sowohl wie da ungleich empfindlicher gegen Kälte- und Wärmereize als die den Phalangen entsprechenden Theile; es dürfte aber kaum ein Zweifel sein, dass die erstgenannten Hautabschnitte reicher an sensiblen Nerven sind als letztere. Dasselbe kann man an der Brust nachweisen, wo die über der Mittellinie der Rippen gelegenen Hauttheile deutlich an Temperaturempfindlichkeit hinter den angrenzenden Intercostalräumen zurückstehen. So zeigt die Haut über dem Olecranon, über dem Processus styloideus radii, über dem äusseren und inneren Malleolus eine bedeutend geringere Temperaturempfindlichkeit als die nächste Umgebung, welche an Gefässen und Nerven reicher ist als die dicht auf den Knochen lagernden Theile. Aber auch in grossem Maassstabe lässt sich der behauptete Zusammenhang erweisen. Vortrefflich zeigt ihn die Haut der Kopfschwarte, wo das Temperaturgefühl

genau an die Endausbreitungen des N. auriculo-temporalis, N. frontalis und N. occipitalis major sich hält. Wenn man mit einem flächenhaften Temperaturreiz, etwa der Grundfläche des Messingcylinders, die Kopfhaut abschreitet, wird man sich mit Leichtigkeit hiervon überzeugen. Ich habe sowohl Leute mit starkem Haarwuchs wie Kahlköpfige hierauf geprüft und bei beiden Kategorieen dasselbe gefunden. Ganz besonders deutlich geht dieses Verhältniss hervor, wenn man Wärmereize anwendet, weil der extensiv beschränktere Wärmesinn eine schärfere Sonderung der anatomischen Rayons gestattet als der Kältesinn. — Im Gesicht ist die markanteste Partie für den Temperatursinn, namentlich den Wärmesinn, diejenige Gegend, welche die reiche Endverästelung des N. infraorbitalis, den sogenannten Pes anserinus minor, in sich aufnimmt. — Auch am Halse kann man die Beziehungen des Temperatursinns, namentlich des Wärmesinns, zu den Territorien der Hautnerven erweisen. An der Brust ist das Zunehmen der Kälte- und Wärmeempfindlichkeit an den Eintrittsstellen der Nn. cutanei pectoris anteriores sehr deutlich. — An der vorderen Fläche des Oberschenkels grenzen sich die Gebiete des N. cutaneus femor. ant. ext., des N. cutan. femor. med., des N. cutan. femor. int. und auch des N. ileoinguinalis bei Prüfung mit flächenhaften Temperaturreizen von einander ab.[1]) — Am Unterschenkel sind die zwischen den Bezirken des N. cutan. femor. poster., N. cutan. surae. int., ext., medius, N. suralis und N. saphen. major befindlichen Innervationslücken für den Temperatursinn genau nachweisbar. — Am Fussrücken ist der mittlere Theil, wo die Nervenstämme verlaufen, am wenigsten temperaturempfindlich, während nach vorn, wo die Endausbreitung dieser Stämme beginnt, sowie nach dem Gelenk zu, wohin die Endigungen des N. saphenus maj., des N. cutan. surae ext. et med. noch reichen, die Empfindlichkeit eine beträchtliche ist. — Auch am Vorderarm endlich kann man die Nerventerritorien als temperaturempfindliche Gebiete mit genügender Deutlichkeit von einander sondern.

Die Abhängigkeit des Temperatursinnes von den anatomischen Verbreitungsbezirken der sensiblen Nerven erklärt es auch, dass derselbe in der vorderen und hinteren Commissur des Körpers besonders gering ausgebildet ist. E. H. Weber hat auf diese Erscheinung zuerst aufmerksam gemacht, ohne sie zu erklären. Er sagt:[2]) „Die Haut der mittleren, beide Seitenhälften scheidenden Ebene des Gesichts, der Brust, des Bauches und des Rückens ist mit einer geringeren Empfind-

[1]) Vergl. Fig. 33 und 34. Taf. IV.

[2]) Der Tastsinn und das Gemeingefühl. S. 555.

lichkeit für Temperaturveränderungen ausgestattet als die Theile, welche mehr seitwärts liegen.“ Es liegt ja nun in der Natur der Sache und wird durch die anatomischen Verhältnisse durchaus bestätigt, dass das bilateral angelegte Nervensystem gerade die Region der Commissuren am stiefmütterlichsten versorgt.

Wie sich im Kleinsten gezeigt hat, dass nur der Punkt der Haut temperaturempfindlich ist, welcher eine Endigung eines Temperaturnerven enthält, so hat es sich auch jetzt im Grossen erwiesen, dass nur dort Temperaturreize wahrgenommen werden, wo sich ein Temperaturnerven führender sensibler Nervenstamm in der Haut ausbreitet. — Man kann dabei an manchen Nerventerritorien auch sehr deutlich die Wahrnehmung machen, dass die räumliche Ausdehnung eines solchen verschiedene Abstufungen der Ausbildung des Temperatursinns zeigt und dass speciell nach den Grenzen desselben eine Abnahme der Temperaturempfindlichkeit hervortritt. Das Verhältniss des Wärmesinns zum Kältesinn nun ist in den einzelnen Nerventerritorien ein entsprechendes wie am ganzen Körper überhaupt, insofern derselbe niemals eine dem Kältesinn gleiche räumliche Ausdehnung zeigt. Die kälteempfindlichen Fasern eines Nervenstammes bedecken stets einen grösseren Flächenraum als die wärmeempfindlichen. Wie sollte man dies anders erklären, als dass die letzteren in erheblich geringerer Anzahl überhaupt vorhanden sind?

Ich kann mir bei dieser Gelegenheit die Bemerkung nicht versagen, dass dieses Handinhandgehen des Temperatursinnes mit der Nervenanatomie, verbunden ausserdem mit dem Nachweis des gesonderten Kälte- und Wärmesinns, wohl auch der Aufmerksamkeit der Neuropathologen werth sein möchte und der klinischen Prüfung des Temperatursinns mehr Exaktheit verleihen und dadurch zugleich mehr Liebe erwecken dürfte, als sie bisher besessen hat.

Was kann nun, nachdem die Verhältnisse innerhalb einer Region auseinandergesetzt sind, näher liegen, als die Annahme, dass auch die regionären Unterschiede der Temperaturempfindlichkeit in der Hauptsache auf der verschiedenen Menge der Temperaturnerven beruhen? Es erfährt diese Annahme eine bedeutende Stütze dadurch, dass an den temperaturempfindlichen Regionen sich auch mehr Temperaturpunkte, d. h. Temperaturnervenendigungen finden — sowie die auf unsere topographischen Beobachtungen hin aufgestellte Behauptung, dass es in jedem Bezirk weniger Wärme- als Kältenerven gebe, darin ihre Stütze findet, dass es in der That im Allgemeinen fast überall weniger Wärme- als Kältepunkte giebt.

Es scheint aus dem Verhältniss zur topographischen Schmerzem-

pfindlichkeit,[1]) dass der Reichthum an Temperaturnerven im Allgemeinen Hand in Hand gehe mit dem Nervenreichthum überhaupt; jedoch ist ein gewisses reciprokes Verhältniss zu denjenigen Nerven, welche dem Druck- und Ortssinn dienen, ersichtlich. Von zwei Hautstellen, welche gleich viel sensible Nerven enthalten, wird diejenige, welche mehr Tastnerven besitzt, weniger Temperaturnerven haben. Hand, Zunge sind ausserordentlich wenig temperaturempfindlich im Vergleich zu gewissen anderen Regionen. An den Extremitäten nimmt der Temperatursinn im Allgemeinen nach dem Rumpf hin zu, während die Tastempfindlichkeit nach der Peripherie hin wächst.

Nun sprechen vielfache Erfahrungen dafür, dass der Gewöhnung bei der Temperaturempfindlichkeit eine erhebliche Bedeutung zukommt. Unsere Körpertheile sind in verschiedenem Grade an den Wechsel der Temperaturen gewöhnt und wir können die Gewöhnung derselben verändern. Es braucht wohl nur an das Barfussgehen, die Gewöhnung an mangelnde Kopfbedeckung, an blossen Hals, an offene Brust, an nackte Kniee erinnert zu werden. Man wird vielleicht schon die Bemerkung gemacht haben, dass dem Unterschiede zwischen bekleideten und unbekleideten Körpertheilen in Bezug namentlich auf Kältereize zu wenig Rechnung getragen worden sei. Die Reizschwelle für Kältereize liegt an den bekleideten Theilen naturgemäss höher; hält man die Hand an die blosse Brust, so hat man an letzterer ein kühles Gefühl. Ein und derselbe Kältereiz bewirkt auf einer bekleideten Körperstelle eine stärkere Abkühlung in der Zeiteinheit und damit stärkere Reizung der Kältenerven. Man muss daher, wenn man die Kälteempfindlichkeit mit derjenigen der unbekleideten Theile vergleicht, von der Intensität der Empfindung einen gewissen Theil abziehen, welcher der höheren Reizschwelle entspricht. Das Verhältniss des Wärmesinns zum Kältesinn ist demnach an den bekleideten Theilen ein etwas Anderes als an den unbekleideten. Der Abstand nämlich zwischen der Kälteempfindlichkeit und der Wärmeempfindlichkeit an einer und derselben Stelle ist an den bekleideten Theilen im Allgemeinen grösser als an den unbekleideten. Angenommen, eine bekleidete und eine unbekleidete Hautstelle hätten gleich viel Kälte- und Wärmenerven, so wird die bekleidete bei gleicher Wärmeempfindlichkeit eine grössere Kälteempfindlichkeit besitzen; ja es wäre möglich, dass sie auch bei einer geringeren Anzahl von Kälte- und demzufolge auch Wärmenerven noch eine grössere Kälteempfindlichkeit besässe als die unbekleidete und dabei eine geringere Wärmeempfindlichkeit. Dazu muss nun noch beitragen, dass die Reizschwelle

[1]) Verg. Gefühlssinn.

für den Wärmesinn an den unbekleideten Theilen tiefer liegt. Jedoch kommt letzteres Verhältniss für die Beobachtungen, auf welche sich die obigen topographischen Angaben stützen, weniger in Betracht, weil dabei nicht die Wärmeempfindlichkeit an sich, sondern die Fähigkeit einer Hautstelle, überhaupt ein gesättigtes, ausgeprägtes Wärmegefühl zu empfinden, und sei es erst bei Reizstärken, die an die Schmerzgrenze stiessen, in's Ange gefasst wurde. Eine erhebliche Kälteempfindlichkeit mit schwacher Wärmeempfindlichkeit kann daher bei bedeckten Körpertheilen kaum auffallen. Ist die Wärmeempfindlichkeit intensiv, so muss nothwendig die Kälteempfindlichkeit äusserst intensiv sein. Ist eine bekleidete Körperstelle schwach kälteempfindlich, so muss eine bedeutende Nervenarmuth vorliegen und ist eine Wärmeempfindlichkeit überhaupt kaum zu erwarten. Die Vergleichung von Fuss und Hand bietet ein Beispiel für das eben Gesagte. Es ist wohl kaum zweifelhaft, dass der Fuss oder genauer die Fussoberfläche nervenärmer ist als die Handoberfläche. Dennoch ist er vielfach stärker kälteempfindlich; aber er ist weit schwächer wärmeempfindlich als die Hand.

Wenn demnach der Gewöhnung der bekleideten Theile an eine höhere Hauttemperatur ein gewisser Einfluss allerdings beizumessen ist, so dürfte dieser jedoch nicht so beträchtlich sein, wie es scheint. Keineswegs kommt die scheinbar viel erheblichere Kälteempfindlichkeit der bekleideten Theile lediglich auf diesen Umstand. Von den Theilen, welche wir für gewöhnlich unbedeckt tragen, zeigt die Hand schon deshalb eine geringere Kälteempfindlichkeit, weil sie mehr Tastfasern enthält. Das Gesicht dagegen ist vielfach derartig kälteempfindlich, dass es den bedeckten Theilen nichts nachgiebt. Auch hält die stärkere Kälteempfindlichkeit mancher bekleideten Theile bei Entblössung länger an als dies bei einer directen Abhängigkeit von der Eigentemperatur der Stelle der Fall sein dürfte. Nimmt man endlich hinzu, dass gerade von den bedeckten Körpertheilen viele eine ausserordentlich grosse Menge von Kältepunkten enthalten, so möchte es gerechtfertigt erscheinen, den Einfluss der Reizschwelle als einen sehr geringfügigen und den Nervenreichthum als das Hauptmoment zu bezeichnen.

Fängt man an, einen sonst bekleideten Theil dauernd entblösst zu tragen so wird die Eigentemperatur desselben auf einen niedrigeren Grad eingestellt, und es ist wohl anzunehmen, dass dabei nicht eine dauernde Kältereizung Statt haben wird, sondern dass hier in der That eine Art Adaptation des Temperaturnervenapparates an den veränderten Nullpunkt mit der Zeit eintreten wird. Jedoch möchte ich auch hierbei wieder der Veränderung der Reizschwelle keinen allzu grossen Einfluss beimessen. Hauptsächlich nämlich spielt wohl dabei

der Umstand eine Rolle, dass das Sensorium daran gewöhnt wird, nun dies Stelle kalt zu empfinden. Zwei gleich starke Sinnesempfindungen können ohne Zweifel sehr verschiedene psychische Bewegungen hervorrufen und es kommt unter Anderem auch dabei das Moment des Ungewohnten oder Gewohnten in Frage. An einem Körpertheil, welcher Kältereizen sehr selten ausgesetzt ist, wird eine Kälteempfindung caet. par. einen viel stärkeren Eindruck auf das Sensorium machen als eine — in ihrem sinnlichen Inhalt — gleichstarke Empfindung an einem Körpertheile, welcher oft Gelegenheit hat, sie an sich producirt zu sehen.

Quantitative Unterschiedsempfindlichkeit.

Eine wesentliche Function des Temperatursinnes besteht darin, die Stärke der Temperaturreize zu unterscheiden. Es fragt sich nun einmal, ob diese Fähigkeit ebenfalls topographische Unterschiede zeigt, und weiter, ob dieselben entsprechend sind den vorher angeführten topographischen Verschiedenheiten in der Ausbildung des Temperatursinns.

Eulenburg[1]) hat neuerdings die Unterschiedsempfindlichkeit des Kälte- und Wärmesinns topographisch eingehender geprüft. Es haben sich in der That nicht nur ziemlich weitgehende Verschiedenheiten derselben — von 0.2—1.1° C. — gefunden, was ja auch früher schon festgestellt worden ist, sondern vor Allem auch, dass das Unterscheidungsvermögen durchaus nicht der absoluten Empfindlichkeit und Empfindungsstärke parallel geht. So werden an der Mammillargegend mit dem Kältesinn nur 0.8°, mit dem Wärmesinn 0.6° unterschieden, dagegen an der Volarfläche des Nagelgliedes mit ersterem 0.2—0.3°, mit letzterem 0.4°, — während doch die Intensität sowohl der Kälte- wie der Wärmeempfindlichkeit dort eine ungleich viel grössere ist, als an der Nagelphalanx, wo ja auch die Temperaturpunkte in geringer Zahl vorhanden sind. Ich erkläre mir die Angaben der von Eulenburg aufgestellten Tabelle in folgender Weise: Das eine Moment für die Unterschiedsempfindlichkeit giebt in der That die regionäre Stärke der Temperaturempfindung, also der Reichthum an Temperaturnerven ab. Das Andere und Hauptsächlichste jedoch ist in der regionären Uebung zu suchen, — und zwar der Uebung in doppelter Beziehung: einmal insofern als die bekleideten Körpertheile durchgehends ein gröberes

---

[1]) Zur Temperatursinnsmessung. Monatshefte für praktische Dermatologie. 1885. Nr. 1. Zur Methodik der Sensibilitätsprüfungen, besonders der Temperatursinnsprüfung. Zeitschrift für klinische Medicin. Bd. IX. Hft. 2.

Unterscheidungsvermögen zeigen als die unbekleideten; und zweitens, insofern ein gewisser Parallelismus mit dem tactilen Ortssinn unverkennbar ist. Während die absolute Temperaturempfindlichkeit im Allgemeinen von der Peripherie nach dem Rumpf hin zunimmt, wächst die Unterschiedsempfindlichkeit gegen die Peripherie, so wie der Ortssinn. An den oberen Extremitäten ist dies nach der Eulenburg'schen Tabelle ziemlich deutlich. Das gröbere Unterscheidungsvermögen der bekleideten Theile erklärt sich dadurch, dass dieselben viel seltener dem Wechsel der Aussentemperaturen ausgesetzt sind, als die unbekleideten und deshalb ungeübter sind, die Nuancen dieses Wechsels aufzufassen. Es spielt hierbei vielleicht noch eine Rolle, dass bei Untersuchung an bekleideten Körpertheilen schon durch die Entblössung allein eine Herabsetzung der Erregbarkeit hervorgerufen wird. Das Moment der functionellen Verknüpfung mit dem Tastsinn ist so mächtig, dass es Theile, welche einen weit geringeren Reichthum an Temperaturnerven besitzen als gewisse andere, obwohl die Unterschiedsempfindlichkeit eben auch von der Nervenversorgung abhängt, doch zu einer höheren Unterschiedsempfindlichkeit befähigt. So möchte es sich erklären, dass die Unterschiedsempfindlichkeit vom Rumpf zu den Fingerspitzen zunimmt, während andererseits Stirn und andere Gesichtstheile, welche dieselbe in einer den Fingern entsprechenden Schärfe besitzen, durch Reichthum an Nerven das ersetzen, was die Finger an Uebung voraus haben, und vor dem Rumpf sich auszeichnen, weil sie durch ihre Nacktheit dem Wechsel der Temperaturen ausgesetzt sind. An den unteren Extremitäten ist das eben entwickelte Verhältniss weniger deutlich zu ersehen, was sich wohl theils daraus erklärt, dass dieselben in toto bekleidet sind und theils daraus, dass der Fuss relativ noch weniger Temperaturnerven zu enthalten scheint als die Hand. Jedoch, wenn die Unterschiedsempfindlichkeit am Fuss auch nicht unter 0.5° heruntergeht und an den Zehen sogar nur 0.6—0.7° beträgt, entsprechend den Werthen vom mittleren und unteren Theil des Oberschenkels, so erscheinen diese Werthe doch noch hoch, wenn man die am Fuss im Vergleich zum Oberschenkel viel geringere absolute Empfindlichkeit für Temperaturen in Rechnung zieht; es ist deshalb auch hier das Moment der gemeinsamen regionären Ausbildung mit dem Tastsinn zu erkennen.

Dieser Zusammenhang scheint durch die functionelle Verknüpfung bedingt. Man sollte zwar meinen, dass quantitative Temperaturunterschiede mit den örtlichen nichts zu thun haben, dass vielmehr hier das Unterscheidungsvermögen für Druckunterschiede in Betracht kommen muss. Dieses zeigt nun bekanntlich ebenfalls topographische Abstufungen, welche an diejenigen des Ortssinnes sich anlehnen, wenn sie auch nicht

so ausgesprochen sind wie bei dem letzteren (Vgl. E. H. Weber).[1] Es lässt sich daher wohl vermuthen, mit Berücksichtigung der getrennten Centralisation der den verschiedenen Körpertheilen angehörenden Nerven, dass diejenigen Gehirntheile, welche für den Tast- und Drucksinn ein feineres Unterscheidungsvermögen erworben haben, dies ebenso auch für den Temperatursinn besitzen.

Temperaturortssinn.

An die quantitative Unterschiedsempfindlichkeit schliesst sich naturgemäss die Frage nach den Ortsunterscheidenden Fähigkeiten des Temperatursinnes an. Ueber den Wärmeortssinn hat Rauber[2]) Untersuchungen gemacht und eine kurze Mittheilung veröffentlicht. Er benutzte strahlende Wärme, indem er erwärmte Metallkugeln in Bohrlöcher von Holzplatten legte, welche auf die Haut applicirt wurden. Er fand dabei die Wärmeorssinnkreise entsprechend den Druckortssinnkreisen; nur zuweilen waren sie etwas grösser. Der Kälteortssinn wurde nicht untersucht, was bei der früheren Anschauung von der Einheit des Temperatursinnes nicht Wunder nehmen kann. Die oben hervorgehobenen topographischen Verhältnisse des Wärmesinns im Besonderen, seine Abhängigkeit von den Nerventerritorien und die relative Seltenheit gut wärmeempfindlicher Gebiete zeigen jedoch, dass eine derartige Untersuchung mit Fehlerquellen behaftet sein muss, welche in der anatomischen Anordnung der Temperaturnerven begründet sind. — Angesichts nun der Existenz der Temperaturpunkte und ihrer Auffassung als Endpunkte der Temperaturnervenfasern sowie der Möglichkeit, durch die Temperaturpunkte sich jederzeit ein Abbild der Nervenvertheilung in der Haut herstellen zu können, wirft sich von selbst die Frage auf, ob man nicht den Ortssinn, d. h. die Fähigkeit zwei Nervenerregungen local zu unterscheiden, an den Punkten selbst prüfen könne.

Ich habe dies in folgender Weise ausgeführt: Zwei Messingcylinder, welche die Spitzen nicht in der Verlängerung der Axe, sondern an einer Seite in der Verlängerung des Cylindermantels haben, sind durch ein Charnier von Ebonit verbunden. An einer Stelle der Haut wird

---

[1]) Nicht günstig dieser Auffassung sind Eulenburg's Messungsresultate des Drucksinns. Vergl. Lehrbuch der Nervenkrankheiten. Berlin 1878. 2. Aufl. 1. Theil. S. 22. Die Unterschiede sind überhaupt so gering, dass sich eine eigentliche Skala kaum aufstellen lässt. — Sollte nicht die so verschiedene Nachgiebigkeit der unter der Haut liegenden Theile von sehr erheblichem Einfluss sein?

[2]) Ueber den Wärmeortssinn. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1869. Nr. 24.

eine Anzahl von Kälte- oder Wärmepunkten bezeichnet; sodann, nachdem die Stelle ausgeruht ist, von einer anderen Person, wo möglich unter Abwendung oder Schliessung der Augen des Untersuchten, die Cylinderspitzen gleichzeitig auf je zwei Punkte leise aufgesetzt. Die Cylinder werden gleichmässig erwärmt oder abgekühlt. Es wurde entweder von kleinen Distancen begonnen und zu grösseren fortgeschritten oder umgekehrt. Die Entfernung der Cylinderspitzen oder der Punkte kann leicht gemessen werden.[1]) Wegen der schnell eintretenden Ermüdung der Stelle ist es gut, in dem zu untersuchenden Gebiete gleich eine gewisse Anzahl von getrennt liegenden Punktcomplexen zu bezeichnen. Man muss zur Prüfung möglichst nur die intensiveren Temperaturpunkte auswählen.

Schwierigkeiten bereitet bei einer derartigen Benutzung der geleiteten Wärme die gleichzeitige mechanische Reizung der Drucknerven. Jedoch tritt bei zartem und genauem Aufsetzen der Spitzen das Druckgefühl bedeutend zurück, während die Temperaturempfindung lebhaft geweckt wird. Es ist deshalb nothwendig, dieses gleichsam aufblitzende Temperaturgefühl im Augenblicke des Entstehens scharf aufzufassen; beim Abwarten wird es undeutlicher und macht zugleich dem Druckgefühl mehr Platz. Fühlt man zwei Eindrücke gleichzeitig, so ist nicht immer zu entscheiden, ob wirklich beide Temperaturgefühle sind.

Für die Kältepunkte speciell kann man sich noch eines Verfahrens bedienen, welches die Druckempfindung fast ganz ausschliesst. Man steckt auf jede Spitze eines Zirkels ein feines Pinselchen, taucht dieselben in Schwefeläther und berührt hiermit je zwei Kältepunkte. Hierbei müssen diese auch vorher mit dem Aetherpinsel aufgesucht werden, da der Aetherpinsel einen relativ schwachen Kältereiz darstellt und nicht zur Erregung eines jeden mittelst des kalten Cylinders gefundenen Punktes hinreicht.

Ich habe bei dieser Art der Untersuchung in der That unter Umständen das Gefühl zweier, räumlich getrennter, gleichzeitiger punktförmiger Temperaturempfindungen gehabt. Dieselben erscheinen zum Theil von gleicher Stärke, zum Theil — und zwar war dies häufiger — von ungleicher. Man möge die in der folgenden Tabelle gemachten Angaben nicht für subjective Täuschungen ansehen. Ich habe nur die unzweifelhaften Resultate als solche berücksichtigt und die Untersuchungen in äusserst zahlreichen Wiederholungen zu verschiedensten Zeiten, mit langen Zwischenpausen, angestellt. Es wurden ferner fast

[1]) Für feinere Distancen bei dem Kälteortssinn wurde auch ein Metallzirkel mit abgerundeten Spitzen verwendet.

stets Vexierversuche eingeschoben, in der Art, dass nur eine Cylinderspitze an einen Temperaturpunkt, die andere auf die punktfreie Haut aufgesetzt wurde. Als ein beweisendes Moment möchte ich noch den Umstand ansehen, dass nicht selten unter vielen vergeblich geprüften ein bestimmtes Punktpaar mit grosser Constanz immer wieder — bei abgewendeten Augen — doppelt gefühlt wurde. Uebrigens habe ich einzelne der Distancewerthe bei gelegentlichen Prüfungen an anderen Personen bestätigen können.

Die in der Tabelle angegebenen Werthe stellen nicht mittlere Werthe dar, sondern Minimalwerthe; es wurden von einem grösseren Punktcomplex nur immer ein oder einige wenige Punktpaare in diesen Entfernungen als doppelt empfunden. Die Entfernung ist nach Millimetern angegeben.

	Kältepunkte.	Wärmepunkte.
Stirn	0·8	4—5
Wange	0·8	3
Kinn	0·8	4
Brust	2	4—5
Bauch	1—2	4—6
Rücken	1·5—2	4—6
Oberarm (Beugefläche) .	1·5	2—3
Oberarm (Streckfläche) .	2	2—3
Vorderarm (Beugefläche) .	2	2
Vorderarm (Streckfläche) .	3	3
Hohlhand	0·8	2
Handrücken	2—3	3—4
Oberschenkel	2—3	3—4
Unterschenkel	2—3	3—4
Fuss	3	Ohne Resultat.

Es geht aus dieser Tabelle hervor, dass man die Temperaturpunkte unter Umständen in erstaunlich geringen Abständen doppelt fühlen kann; jedoch bezieht sich diese Eigenschaft immer nur auf einzelne Punktpaare und zwar nur solche, welche mit hervorragender Empfindlichkeit ausgestattet sind, ohne dass wieder alle der letzteren Art dieselbe besitzen.

Diese Beobachtungen sprechen gegen die Anschauung, dass es etwa Temperaturortssinneskreise gebe von bestimmten Umfängen, wie dies in Anlehnung an die E. H. Weber'sche Lehre von den Empfindungskreisen im Allgemeinen angenommen zu werden pflegt. Vielmehr, wenn wir die Punkte als Endigungen von Nervenfasern ansehen, liegt es sehr nahe

zu glauben, dass die doppelt empfundenen Punkte zwei verschiedenen Nervenfasern angehören und dass die Erregungen dieser getrennt wahrgenommen werden, deshalb, weil sie Empfindungen von einer gewissen hierzu nöthigen Intensität produciren. Da zwischen den doppelt empfundenen Punkten vielfach keine anderweitigen Temperaturpunkte eingelagert sind, so muss man schliessen, dass auch die Erregungen von unmittelbar benachbarten Nervenfasern doppelt empfunden werden können. Dieser Umstand steht in directem Gegensatz zu den Anschauungen E. H. Weber's, welcher ausdrücklich betonte, dass zwei benachbarte anatomische Empfindungskreise, deren jeder von je einer Nervenfaser versorgt sein sollte, noch keine Doppelempfindung geben könnten.

Weiter ist aus der Tabelle ersichtlich, dass die Wärmepunkte durchschnittlich in grösseren Minimaldistancen doppelt gefühlt werden als die Kältepunkte. Es muss noch hinzugesetzt werden, dass die Doppelwahrnehmung der Wärmepunkte eine viel unsicherere ist als die der Kältepunkte und an nur mässig oder schwach wärmeempfindlichen Regionen überhaupt nicht zu Stande kommt; so blieb zum Beispiel die Untersuchung am Fuss trotz häufiger Versuche ohne Resultat. — Die Ursache der grösseren Minimaldistancen scheint in mehreren Umständen zu liegen. Zunächst stehen die Wärmepunkte in relativ grösseren Abständen von einander, es ist deshalb auch anzunehmen, dass die Wärmenervenfasern in grösseren Abständen von einander verlaufen als die Kältenervenfasern, und es wird in Folge dessen eine grössere Distance der Reizobjecte nothwendig sein, um gleichzeitig zwei verschiedene Fasern zu treffen. Ausserdem ist die Wärmeempfindung als solche nicht so geeignet zur scharfen Localisation, weil sie nicht so prägnant in das Bewusstsein tritt, wie die Kälteempfindung. Endlich ist, wie schon erwähnt, die Irradiation des Punktgefühles bei den Wärmepunkten grösser als bei den Kältepunkten.

Das gegenseitige räumliche Lageverhältniss der doppelt empfundenen Punkte wird für gewöhnlich nicht richtig oder überhaupt als solches nicht empfunden. Man fühlt meist nur, dass überhaupt eine Distance zwischen den beiden Temperaturempfindungen vorhanden ist. Dabei wird nun durchgehends diese Distance zu weit geschätzt, und zwar sehr bedeutend zu weit. Der Grund hiervon dürfte darin zu suchen sein, dass ein Doppeltwahrnehmen nach unseren Erfahrungen nur bei viel grösseren Abständen der Reizobjecte stattfindet.

An den Werthen der Tabelle muss nothwendig auffallen, einerseits, dass sich dieselben so sehr wenig von einander unterscheiden, während wir beim Ortssinn die grössten topographischen Unterschiede zu erwarten

pflegen, und andererseits, dass dieselben keine eigentliche Regel, keine unseren gewohnten Vorstellungen und Erfahrungen adäquate Skala erkennen lassen. — Hierzu muss nun Folgendes bemerkt werden. Zunächst sind die gefundenen Distancen nicht Mittelwerthe, sondern Minimalwerthe, wie schon hervorgehoben, und es ist durchaus nach Lage der Verhältnisse nicht zu erwarten, dass diese beiden in einem genau übereinstimmenden Verhältniss stehen. Es ist sehr leicht möglich, dass eine Untersuchung, welche die Eruirung der mittleren Entfernung der doppeltempfundenen Punkte zum Vorwurf hätte (übrigens ein derartig schwieriges Unternehmen, dass ich es für unausführbar halte), eine unseren Wünschen mehr entsprechende Skala ergeben würde. Auch die Untersuchung der Minimaldistancen hat mit so viel Schwierigkeiten und vor Allem Ungenauigkeiten zu kämpfen, dass ich weit entfernt bin, meinen Werthen eine allgemeine Gültigkeit beizumessen. Wenn ich auch nicht glaube, dass ich zu kleine Distancen angegeben habe, so ist es doch sehr möglich, dass sie hier und da zu gross sind, dass mir also die eigentlichen Minimaldistancen stellenweise entgangen sind. Wer diese Versuche nachmacht, muss zugeben, dass dies sehr leicht geschehen kann. Ich würde mich durchaus nicht wundern, wenn ein anderer Untersucher zu einer anderen Tabelle gelangen würde und ein dritter wieder zu einer anderen. Es war mir bei den Versuchen hauptsächlich darum zu thun, die örtliche Unterscheidungsfähigkeit der Temperaturpunkte bis zu ihren extremsten Leistungen zu verfolgen, daher habe ich die minimalen Maasse notirt, welche mir begegneten, und die anderen nicht beachtet — auch wenn diese minimalen Maasse noch so selten vorkamen. Ebenso wenig bin ich einer Abrundung in der vorhin gedachten Weise nachgegangen, um etwa ein irgendwie befriedigendes oder mit gewissen Theorieen übereinstimmendes Resultat zu erlangen, sondern gebe meine Aufzeichnungen so, wie sie sich vorfinden, und ohne Tendenz.

Es fragt sich nun aber, ob überhaupt eine derartige Skala, wie sie etwa für den tactilen Ortssinn in den Zirkelabständen bekannt ist, in analoger Weise für die locale Unterschiedsempfindlichkeit der Temperaturpunkte zu erwarten ist. Wahrscheinlich nämlich compliciren sich hier zwei Momente: Einmal ist anzunehmen, dass der regionäre Nervenreichthum, welcher sich in der Dichtigkeit der Temperaturpunkte äussert, von Bedeutung ist; und weiter, dass der Temperaturortssinn doch wohl nicht ganz unabhängig vom Druckortssinn sich verhalten dürfte, vielmehr durch die functionelle Verknüpfung mit ihm dem gemeinsamen Gesetze der Uebung unterliegt. Beide Momente müssen sich aber vielfach in ihrer Wirkung durchkreuzen, denn die vorwiegend ortsempfind-

lichen Theile sind ärmer, die mit stumpferem Ortssinn ausgestatteten reicher an Temperaturnerven. Es werden daher bei der Topographie des Temperaturortssinnes nicht diejenigen Theile obenan stehen, welche den feinsten Druckortssinn, und auch nicht die, welche die grösste Temperaturempfindlichkeit besitzen, sondern solche, welche von beiden Eigenschaften einen möglichst grossen Theil gemischt enthalten. Wenn man mit dieser Schlussfolgerung nun die Tabelle, und zwar die des Kältesinnes, vergleicht, so kann man bei aller Vorsicht der Interpretation doch zum mindesten eine Andeutung des entwickelten Gesetzes darin finden.

Die ortsunterscheidenden Fähigkeiten der Temperaturpunkte gehen nach den angegebenen Entfernungen weit über die Grenzen der Zweckmässigkeit hinaus, ja, sie sind von der teleologischen Anschauungsweise aus überhaupt nicht zu verstehen. Denn der Temperaturortssinn als solcher überhaupt wird von uns nur selten und in stumpfester Weise benöthigt und ist von verschwindend geringer Bedeutung neben der quantitativen Unterschiedsempfindlichkeit; zumal aber stellt er in der angegebenen Feinheit gewissermaassen eine Luxuseinrichtung dar. Man sollte sogar meinen, dass diese Eigenschaften der Temperaturpunkte für die Auffassung der flächenhaften Temperaturreize sich störend geltend machen müssen; weshalb tritt uns nicht bei einem Flächenreiz eine Summe von Punktempfindungen, etwa wie bei der Formication, in das Bewusstsein?

Dies erklärt sich hinlänglich aus dem Umstande, dass die in so nahen Distancen zu unterscheidenden Punkte in der bedeutenden Minderzahl sind. Wenn wir an einer Stelle eine Anzahl von Punkten hätten, unter denen jeder einzelne von jedem einzelnen anderen bei gleichzeitiger Reizung unterschieden werden könnte, so wäre kein Grund vorhanden, warum wir nicht bei der Application eines Flächenreizes das Gefühl einer Anzahl neben einander bestehender Punkte haben sollten. Nun liegen aber die Verhältnisse so, dass etwa Punkt *a* vom Punkt *b*, aber nicht von *c*, *d*, *e* u. s. w. unterschieden werden kann. Wird diese ganze Summe von Punkten gleichzeitig erregt, so müssen demnach eine gewisse Zahl getrennter Empfindungen in das Bewusstsein treten und nebenher, diese umgebend und sich zwischen sie einmischend, eine viel grössere Anzahl von mit einander verschmelzenden Empfindungen. Der Effect muss demnach sein eine flächenhafte Empfindung, innerhalb deren einzelne Punkte oder Partieen stärker hervortreten. So ist es aber auch in der That, wie man sich jederzeit bei aufmerksamer Selbstbeobachtung überzeugen kann. — Aber es scheint sogar, dass die subtilen ortsunterscheidenden Fähigkeiten der Temperaturpunkte eine integrirende Be-

deutung für das Zustandekommen der Temperaturflächen-Empfindung haben. Denn wenn auf der einen Seite bei absolutem Unterscheidungsvermögen jedes Punktpaares ein der Formication ähnliches Gefühl entstehen müsste, so würde andererseits bei gänzlich mangelndem Ortssinn der Punkte ebenso wenig ein Flächengefühl producirt werden können, wenn man nicht annehmen will, dass dasselbe überhaupt erst durch Zuhülfenahme anderer Sinne, des Gefühls- und Gesichtssinnes, zu Stande komme. Wie die Verhältnisse aber liegen, so ist es plausibel anzunehmen, dass diejenigen Punkte, welche die Schwelle der Doppelempfindung nicht erreichen, zwar unter der Form eines einfachen Eindrucks wahrgenommen werden, aber eines in die Breite gezogenen; denn innerhalb des einfachen Eindrucks wirkt die anatomische Geschiedenheit der centralen Zellen noch fort. Letztere muss, wie schon oben angedeutet, das wesentliche Moment bei der localen Unterscheidung darstellen. Die Thatsachen des Ortssinnes der Temperaturpunkte vertragen sich nicht mit der Theorie der „Localzeichen"; man kann nicht annehmen, dass alle diese doppelt empfundenen Punkte durch verschiedene Färbungen ihrer Qualität auf das Sensorium wirken und dadurch ihre Unterscheidung ermöglichen sollen. Man muss nothwendig das Hauptgewicht auf die anatomische Geschiedenheit der Nervenfasern und centralen Endigungen derselben legen. Wie nun hierzu das „räumliche" Moment sich verhält, ob es unmittelbar vorhanden ist oder mittelst der blossen Möglichkeit, zwei gleichzeitige Erregungen zu unterscheiden, erworben wird, ist eine Frage, welche sich zwar hier anschliesst, die aber weiter zu verfolgen hier nicht durchaus nothwendig ist.

Ich möchte schliesslich nur noch darauf hinweisen, dass man in der Natur des flächenhaften Temperaturgefühls eine Erklärung finden kann für die Irradiation der Temperaturpunkte. Denn nachdem nun einmal die Einzelempfindungen dieser sich zu einer flächenhaften Empfindung vereinigt haben, ist es leicht verständlich, dass dieselben, isolirt erregt, in der gewohnten Form, also als kleine Flächenstücke in die Wahrnehmung treten.

II. Gefühlssinn.

Druckpunkte.

Der in der vorstehenden Abhandlung dargebrachte Beweis für die Existenz eines eigenen gesonderten Nervenapparates für den Temperatursinn führt unmittelbar zu der Folgerung, dass sich für die anderen mit

der Haut wahrzunehmenden Sinnesqualitäten in entsprechender Weise ebenfalls ein gesonderter Nervenapparat müsse nachweisen lassen. Da nach der Analogie des Temperatursinnes die Voraussetzung berechtigt ist, dass auch die Nerven der anderen Qualitäten an bestimmten Punkten der Haut endigen, so würde sich zunächst die Aufgabe ergeben, auch die denselben angehörenden Endigungspunkte der Nerven an der Hautoberfläche aufzusuchen.

Freilich weist schon die alltägliche Erfahrung darauf hin, dass hier die Verhältnisse wesentlich anders liegen. Wenn wir über punktförmige Temperaturreize im Allgemeinen keine Erfahrung hatten, so haben wir sie hingegen für punktförmige Druck- und Schmerzreize. Wir wissen, dass an jedem einzelnen Punkte der Haut Druck sowohl wie Schmerz wahrgenommen wird. Dennoch existiren auch im Gefühlssinnesfelde gewisse Sinnespunkte mit derartigen Eigenschaften, dass wir zu der nothwendigen Annahme besonderer specifischer Nerven gelangen, welche an denselben endigen. Dies lässt sich in der einfachsten Weise feststellen; jedoch gilt das, was bei den Temperatursinnuntersuchungen bereits hervorgehoben wurde, in noch erhöhtem Maasse bei dem Gefühlssinn, dass es sich nämlich um Qualitäten handelt, welche nicht so in die Augen springend sind, wie diejenigen anderer Sinne, und an deren Auffassung und Sonderung man sich daher erst gewöhnen muss.

Setzt man eine Nadelspitze so leicht wie möglich auf die Haut auf, derart, dass man sie gewissermaassen nur auf der Haut ruhen lässt, ohne einen Druck auszuüben, und führt dieselbe, aufsetzend und abhebend, Punkt für Punkt über die Haut hin, so macht man die Wahrnehmung, dass die Berührung nur an gewissen Punkten gefühlt wird. Man muss zum ersten Versuch nicht die empfindlichsten Hautregionen wählen, sondern solche von mittlerer Empfindlichkeit, etwa die Beugefläche des Vorderarmes. Zwischen diesen Punkten nimmt man die Nadel erst wahr, wenn man einen stärkeren Druck ausübt. So leicht man den Einwurf machen kann, dass dieses Verfahren ein unsicheres sei, insofern man an jenen Punkten vielleicht zufällig stärker gedrückt habe, so sehr überzeugt man sich einerseits, dass man in der That im Stande ist, die Nadel mit ziemlich gleichbleibendem Drucke aufzusetzen, und andererseits, dass man stets an denselben Punkten wieder die Berührung wahrnimmt und dazwischen nicht, und zwar auch, wenn man bei Abwendung der eigenen Augen von einer anderen Person die Nadel führen lässt. Es ist hierdurch ausser allen Zweifel gestellt, dass es Punkte auf der Hautoberfläche giebt, welche einen schwachen Druckreiz eher wahrnehmen als andere. — Damit ist zunächst nun weiter nichts gesagt, als dass die Haut nicht an allen Stellen gleichmässig druckempfindlich ist,

sondern einzelne eine hervorragende Empfindlichkeit besitzen, und man könnte dies sehr einfach erklären durch einen local geringeren Widerstand der Epidermis oder durch eine locale Anhäufung von Nerven.

Hier muss ich nun auf die Uebung in der Auffassung der Hautempfindungen verweisen und betonen, dass das Folgende vielleicht von Manchem zuerst nicht bestätigt, nach einer wiederholten Selbstbeobachtung jedoch als zweifellos und sehr einfach wahrnehmbar zugegeben werden wird. An diesen empfindlichsten Punkten ist nämlich das Gefühl ein qualitativ anderes, als es zwischen ihnen, selbst bei stärkerem Drucke, ist. Während letzteres stets dumpf und matt ist, präsentirt sich das erstere bei schwächster Berührung als ein zartes, dabei lebhaftes, häufig etwas kitzelndes Gefühl, ungefähr so, wie es entsteht, wenn man eines der Härchen auf der Haut bewegt; bei etwas stärkerem Drucke jedoch gewinnt es eine ganz charakteristische Qualität, es ist, als ob an dem Punkte sich in der Haut ein Widerstand befindet, welcher dem Druckreiz entgegenarbeitet, als ob ein kleines hartes Korn dort läge und in die Haut hineingedrückt würde. Ich habe zur Beschreibung dieser Empfindung keinen anderen Ausdruck finden können als den des „körnigen“ Gefühls. Hat man dasselbe erst einige Male deutlich wahrgenommen, so wird man sich auch leicht überzeugen, dass es keinem dieser empfindlichsten Punkte fehlt und dass es zwischen ihnen nie zu produciren ist. Dieses körnige Gefühl ist nun thatsächlich kein neues, sondern einfach das specifische Druckgefühl in punktförmiger Gestalt. Man nimmt an demselben jedes Wachsen und Abnehmen des Nadeldruckes in den feinsten Abstufungen wahr und man überzeugt sich, dass dies dasselbe Gefühl ist, welches wir haben, wenn ein schwerer Gegenstand einen flächenhaften Druck auf die Haut ausübt und welches man beobachtet, sobald man die Stärke des ausgeübten Druckes, sein Zunehmen und Abnehmen, seine Unterschiede schätzen will.

Man hat bisher unter einem Druckgefühl sich nie etwas Punktförmiges vorgestellt, ebensowenig wie beim Temperaturgefühl; man hat angenommen, dass beim Druckgefühl immer eine Fläche betheiligt sei und dass ein punktförmiger Druck immer ein stechendes Gefühl hervorbringen müsse. Allein da das körnige Gefühl in der That ein wohl qualificirtes Druckgefühl ist, so müssen wir uns an die Vorstellung gewöhnen, dass eine noch so fein gespitzte Nadel an gewissen Punkten der Haut ein Gefühl des Druckes hervorbringt, während sie zwischen ihnen eine stechende Empfindung producirt. Bei einer gewissen Grenze des Druckes geht das Druckgefühl dann allerdings auch in ein schmerzhaftes über; jedoch auch dieses kann man in seiner Qualität noch von

dem zwischen den Punkten entstehenden unterscheiden, denn während letzteres eine matte inhaltlose, stechende Empfindung ist, stellt sich das erstere als ein kräftiges, schmerzhaft drückendes, quetschendes Gefühl dar — wieder als ob ein hartes Korn tief in die Haut eindränge; zudem ist jenes auch bei andauerndem Drucke schnell vorübergehend, dieses bleibend.

Diese Eigenschaften berechtigen uns, die gedachten Punkte nicht blos als hervorragend empfindliche aufzufassen, sondern als etwas Specifisches von der übrigen Hautsinnesfläche abzusondern und sie als „Druckpunkte“ zu specialisiren.

Magnus Blix[1]) hat diese Punkte zuerst aufgefunden und als „Druckpunkte“ bezeichnet; auch hat er durch sorgfältige Messungen die Druckstärke festgestellt, welche zu ihrer Erregung nothwendig ist und welche erhebliche topographische Unterschiede zeigt. Jedoch hat er diese Punkte nur als hervorragend empfindliche beschrieben und nicht als Träger einer specifischen Gefühlsqualität aufgefasst, wenigstens dies nirgends ausgesprochen. Ueber ihre weiteren, in Folgendem zu beschreibenden Eigenschaften hat er keine Angaben gemacht.

Die Methode, die Druckpunkte aufzusuchen, ist im Vorhergehenden schon angedeutet. Man kann sich einfach einer Nadel bedienen und sowohl einer fein gespitzten wie einer etwas stumpferen; jedoch halte ich letzteres für zweckmässiger und weniger zeitraubend. Dasselbe leistet auch ein gespitztes Hölzchen. Noch besser als mit diesen harten Werkzeugen gelingt die Aufsuchung der Druckpunkte mittelst Kork. Man spiesst ein zugespitztes Blättchen von gutem, nicht brüchigem Kork auf eine Nadel. Um den Druck möglichst gleichmässig zu machen, habe ich das Korkblättchen noch an einer Spiralfeder befestigt. Das Instrument, dessen ich mich bediene, ist daher folgendermaassen construirt: Ein kurzer Messingcylinder trägt eine 3 cm lange Spiralfeder von Messingdraht, an deren Ende eine kurze enge Hülse aufgelöthet ist. In letztere kann man leicht ein spitzes Hölzchen, auf welches ein Korkblättchen gespiesst ist, einführen, oder eine Nadel mit Wachs befestigen. Der Cylinder ist verschiebbar in einem Ebonitkloben gefasst, welcher ausserdem eine verschiebbare Hülse zur Aufnahme einer Schreibfeder oder eines Schreibstiftes trägt. Die Spirale darf nicht zu schwach sein, da sie sonst zittert. Durch die Einfügung der Spirale wird verhindert, dass sich die Schwankungen des Händedruckes auf das Reizobject übertragen, und es ist anzunehmen, dass dasselbe mit ziemlich constanter

[1]) Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die specifische Energie der Hautnerven. Upsala läkareforen. förhandl. XVIII. 7 och 8. Referat in Schmidt's Jahrbücher. Bd. 198.

Druckstärke auf die Haut aufgesetzt wird. — Während für die Mehrzahl der Hautregionen Kork zur Aufsuchung der Druckpunkte sich bewährt, giebt es solche mit derartig stumpfer Sensibilität, dass man nur mit der Nadel zum Ziele kommt. Andererseits ist der Kork für manche Stellen noch zu grob, z. B. für die Finger an ihrer Volarfläche. Hier habe ich mich einer passend zugeschnittenen Federfahne bedient, welche nur das Unvollkommene hat, dass sie sich nicht ganz sicher handhaben lässt.

Die Bezeichnung der Punkte geschieht in entsprechender Weise, wie bei den Temperaturpunkten, muss jedoch, da die Druckpunkte im Allgemeinen viel dichter liegen, noch sorgfältiger und nöthigen Falles mit der Lupe ausgeführt werden; auch ist auf möglichste Verdünnung der Farbstoffe zu achten. Man muss bei der Bestimmung der Druckpunkte ebenfalls systematisch zu Werke gehen und ein circumscriptes Gebiet nach einer gewissen Regel absuchen.

Hat man an einem Bezirk eine gewisse Anzahl von Druckpunkten mittelst eines minimalen Druckreizes aufgefunden, so kann man sicher sein, dass dies nicht sämmtliche existirende sind. Denn auch die Druckpunkte sind nicht gleichmässig erregbar und viele bedürfen eines stärkeren Reizes. Wenn nun nicht bereits hervorgehoben wäre, dass die Druckpunkte nicht lediglich hervorragend empfindliche Punkte sind, sondern eine specifische Empfindung geben, so könnte man jetzt sagen, dass diese erst durch stärkere Reize erregbaren Druckpunkte eigentlich gar keine Druckpunkte seien. Durch das specifische körnige Druckgefühl aber charakterisiren sich dieselben als das, was sie sind. Man findet demgemäss, wenn man den minimalen Reiz etwas verstärkt, nun noch Druckpunkte, wo man vorher keine gefunden hat. Ein sehr häufiges Vorkommniss ist, dass man mittelst des schwachen Reizes ausser deutlichen Druckpunkten solche Punkte findet, welche ein unsicheres, nicht deutlich zu erkennendes Gefühl geben, das sich bei nun erfolgender etwas stärkerer Reizung dann als veritable Druckempfindung herausstellt. In dieser Weise präsentiren sich gewöhnlich die schwerer erregbaren Druckpunkte.

Schon bei der Annäherung an einen Druckpunkt, besonders wenn dieselben nicht besonders dicht stehen, kann man eine undeutlich beginnende und dann deutlicher und stärker werdende Empfindung häufig bemerken; es gilt deshalb hier dieselbe Cautele, welche schon bei den Temperaturpunkten hervorgehoben wurde, nämlich sich durch dieses Annäherungsgefühl nicht täuschen zu lassen und nicht gleichsam an der Peripherie des Zerstreuungskreises einen Punkt einzuzeichnen.

Man kann, sobald man das specifische Druckgefühl mit genügender

Sicherheit erkannt hat, auch mittelst Stiche die Druckpunkte aufsuchen. An diesen geht das sonst gefühlte scharfe stechende Gefühl über in einen intensiven schmerzhaften Druck, ähnlich dem neuralgischen Schmerz. Als besonders geeignet habe ich hierzu die Seitenfläche der Finger befunden. Auch bei diesem Verfahren bemerkt man deutlich das Annäherungsgefühl.

Auch im Uebrigen sind alle Cautelen, welche bei den Temperaturpunkten erwähnt wurden, bei der sonst sehr einfachen Untersuchungsmethode zu beachten. Speciell wird ebenfalls die Erregbarkeit der Drucknerven durch das andauernde Betupfen der Haut herabgesetzt, und es ist nothwendig, soll die Aufnahme möglichst vollständig sein, mehrfach Ruhepausen zu machen oder sie in mehreren Sitzungen anzufertigen. Hierin verhalten sich die Hautstellen übrigens verschieden und namentlich an Regionen mit stumpfer Sensibilität ist die Herabsetzung derselben eine in die Augen fallende und störende. Aber auch an sehr empfindlichen Hautpartieen kann man die Wahrnehmung machen, wie anfänglich die Druckpunkte ungemein dicht auf einander folgen, während im Verlaufe der Untersuchung die Zahl derselben abnimmt, um nach einer Pause sich wieder zu vermehren. Diese Herabsetzung der Sensibilität, verbunden mit dem Umstande, dass es trotz strengster Regel des Absuchens nicht möglich ist, alle Punkte der Haut zu reizen, sondern dass eine grosse Anzahl übergangen werden, namentlich auch die allernächste Umgebung eines schon bezeichneten Punktes häufig ausgelassen wird, erklären es hinlänglich, dass man auch von dem kleinsten Bezirk niemals in einer Sitzung ein correctes Bild bekommt. Man kann sich hiervon in der einfachsten Weise überzeugen. Bestimmt man an einer Hautstelle in einer Sitzung die Druckpunkte, zeichnet sie durch und löscht sie auf der Haut aus, am nächsten Tage ebenso und so mehrere Male, so sieht jedes Bild anders aus. Vergleicht man dieselben genauer, so findet sich, dass eine gewisse Anzahl von Punkten in je zwei Bildern nach ihrer Lage übereinstimmen, andere nicht, dass aber die Zeichnungen zusammengenommen einen bestimmten Typus der Anordnung der Punkte erkennen lassen, welcher auf den einzelnen Bildern unvollständig vorhanden ist. Will man daher correctere Bilder herstellen, so sind mehrere Sitzungen erforderlich unter Anwendung von Anilinfarbstoffen, welche eine gewisse Zeit lang sich auf der Haut erhalten. Dennoch halte ich es auch bei Anwendung aller Cautelen und mit Aufwand der grösstmöglichen Sorgfalt doch nicht für möglich, ein absolut correctes Bild, d. h. eine genaueste Projection der in der Haut befindlichen Endigungen der Drucknerven auf die Hautoberfläche herzustellen, und zwar hier noch weniger als bei den Temperaturpunkten, weil die

Druckpunkte im Allgemeinen ungleich dichter stehen als jene. Bei sehr sensiblen Hautregionen kommt noch hinzu, dass die Farbenpunkte, selbst wenn sie so fein wie nur möglich hergestellt werden, doch für diese Verhältnisse immer noch zu breit sind, um die feinsten Anordnungen der Punkte erkennen zu lassen.

Es gilt auch von den Druckpunkten, dass sie mit einer verschiedenen Intensität der Empfindung begabt sind. Es giebt Druckpunkte, welche ein so lebhaftes Gefühl geben, dass man thatsächlich meint, doch wohl zufällig stärker geklopft zu haben, und solche, welche eine ganz dumpfe, eben noch als Druckgefühl zu qualificirende Empfindung geben. Zwischen diesen beiden Grenzen kommen die mannigfaltigsten Abstufungen vor. Jedoch soll damit nicht gesagt sein, dass an einer und derselben Stelle sich so viel verschiedene Arten finden, sondern die überhaupt am Körper vorkommenden Druckpunkte zeigen in Summa diese Stufenleiter, und es giebt Körpergegenden, wo das Punktgefühl überall mehr oder weniger dumpf, und andere, wo es überall mehr oder weniger lebhaft ist. Ein dumpf empfindender Druckpunkt giebt auch bei stärkster Reizung nie ein den lebhaften Druckpunkten gleichkommendes Gefühl, und die lebhaften sind zugleich die am leichtesten zu reizenden. Die Verhältnisse der Druckpunkte sind also vielfach denen der Temperaturpunkte ähnlich.

An sehr empfindlichen Hautregionen übrigens nimmt man auch sehr schwache Berührung fast überall wahr; jedoch präsentirt sich das Punktgefühl auch hier durch seine ungewöhnliche Lebhaftigkeit und Schärfe, während an den anderen Stellen die Berührung matt erscheint.

Der Gefühlseindruck der Druckpunkte ist kein eigentlich punktförmiger. Wenn man auch nicht sagen kann, dass er flächenhaft irradiirt wie bei den Temperaturpunkten, so ist er doch breiter als z. B. die stechende Empfindung, welche in der That als punktförmig zu bezeichnen ist. Man könnte das Druckpunktgefühl vielleicht als ein dem punktförmigen nahekommendes, aber volleres Gefühl bezeichnen.

An manchen Körpergegenden, wie Rücken, Oberschenkel, zeichnen sich viele Druckpunkte durch eine besonders lebhafte Nachempfindung aus, welche das Auffassen neuer Punktgefühle stört. Am geringsten schien mir die Nachdauer an denjenigen Stellen zu sein, welche vorzugsweise zum Tasten gebraucht werden.

Die Druckpunkte erweisen sich auch gegen minimale Reize mit dem inducirten Strom als die empfindlichsten. Es tritt an ihnen ein prickelndes Gefühl ein bei einer Stromstärke, welche zwischen ihnen keine Empfindung hervorruft. Macht man den Strom etwas stärker, so fühlt man zwischen den Punkten nur ein unbestimmtes Ziehen oder Stechen,

auf denselben ein kräftiges Prickeln. Bei diesen Versuchen empfiehlt sich als Electrode eine Nadel.

Ich habe, einerseits um mich zu überzeugen, dass die Druckpunkte anatomisch unveränderlich bestimmt sind, andererseits um ihre Unabhängigkeit von der Epidermis darzuthun, dieselben an einer Hautstelle bestimmt und abgezeichnet, dann die Hornschicht durch Collodium cantharidatum entfernt und nach genügender Abtrocknung der zu Tage liegenden Stachelschicht wieder die Druckpunkte bestimmt und abgezeichnet. Es resultirte im Grossen und Ganzen ein ungefähr entsprechendes Bild, welches — wenn man die Fehlerquellen überhaupt und ganz besonders in diesem Falle bei der Bestimmung und Aufzeichnung auf wunder, immer noch feucht werdender Haut in Rechnung zieht — gewiss zur Genüge zeigt, dass den Druckpunkten fixe in der Cutis liegende Nervenendigungen zu Grunde liegen müssen.[1])

Die Anordnung der Druckpunkte ist eine dem Typus der Anordnung der Temperaturpunkte entsprechende.[2]) Wir finden, dass die Druckpunkte sich zu mehr oder weniger dichten Ketten, die jedoch zuweilen nur angedeutet vorhanden sind, zusammenordnen, und dass diese Ketten von gewissen Punkten aus nach mehreren Richtungen ausstrahlen. Diese Ausstrahlungscentren fallen, wie auf den Abbildungen zu ersehen ist, in sehr deutlicher Weise mit den Haarpunkten zusammen oder genauer — wie bei den Temperaturpunkten — mit den Haarpapillen. Auch auf den unbestimmten Hautregionen herrscht derselbe Typus der Anordnung und auch hier fallen die Ausstrahlungscentren mit denjenigen der Temperaturpunkte zusammen. An den behaarten Theilen findet man hin und wieder freie Ausstrahlungspunkte ohne Haar. Viel auffallender als bei den Temperaturpunkten sind hier die an den Haaren und sonstigen Ausstrahlungscentren liegenden Anhäufungen von Druckpunkten.

Die Punktketten verlaufen vorwiegend senkrecht oder parallel zur Haarrichtung. Jedoch ist dies nicht gerade als eine Regel zu betrachten, man findet nicht selten bedeutende Abweichungen hiervon.

Die Ausstrahlungssysteme sind in sehr verschiedener Vollständigkeit entwickelt. Man sieht solche, wo von einem dichten centralen Complex nach den verschiedensten Richtungen dicht bestellte Ketten abzweigen und solche, wo ein Punktcomplex ganz fehlt und nur eine oder zwei spärlich besetzte Ketten abstrahlen. Endlich können die Ketten auf nur einige angedeutete Punkte einschrumpfen und auch schliesslich ganz

---

[1]) Vergl. Abbildung 18, Taf. III.

[2]) Vergl. hierzu die Abbildungen 14—17, Taf. III.

fehlen, so dass, wie auch bei den Temperaturpunkten, eine inselförmige Localisation der Druckpunkte an den Haaren bez. reducirten Ausstrahlungscentren übrig bleibt.

Auch bei den Druckpunkten treten die Punktketten benachbarter Rayons gewöhnlich zusammen und bilden rundliche, längliche oder spitzwinkelige Figuren.

Die Druckpunktketten schlagen vorwiegend eine andere Richtung ein als die der Wärme- und Kältepunkte, seltener dieselbe. Im Allgemeinen ist die Dichtigkeit der Druckpunkte eine ungleich grössere als die der Temperaturpunkte. Jedoch giebt es Hautstellen, wo sie von diesen übertroffen werden. Auch bilden sie, wie schon erwähnt, Anhäufungen und zwar so dichte, dass die Möglichkeit sie zu sondern aufhört. Jedoch sind diese Complexe, welche zumeist den Centren der Ausstrahlungssysteme entsprechen, nie räumlich derartig ausgedehnt, wie wir es z. B. bei den Kältepunkten gefunden haben. Dafür giebt es Hautregionen, nämlich an den Fingerbeeren, wo die Druckpunkte durchgängig so dicht stehen, dass eine Sonderung oder Bezeichnung, wenn nicht ihre Erregbarkeit etwas herabgesetzt ist, überhaupt an dem ganzen Theil nicht durchführbar ist.

Prüft man Druckpunkte mit dem kalten oder warmen Messingcylinder, so fallen einzelne scheinbar mit Temperaturpunkten zusammen. Vielfach ist aber die minimale Distanz zwischen Temperatur- und Druckpunkt deutlich nachweisbar. Das scheinbare Zusammenfallen kann kaum Wunder nehmen, da der Cylinder doch immerhin nicht punktförmig, sondern auf eine, wenn auch noch so kleine Fläche wirkt.

Es kommen hier und da Strecken vor, welche der Druckpunkte entbehren, allein dieselben sind ziemlich beschränkt an Ausdehnung. Derartig weite punktfreie Flächen, wie wir sie beim Temperatursinn kennen gelernt haben, kommen beim Drucksinn nicht vor. Die Anlage der Druckpunkte und Temperaturpunkte dürfte auch ein allgemein anatomisches Interesse haben, insofern sie uns in den Stand setzt, den Nervenverlauf der sensiblen Hautnerven in einer Weise zu studiren, wie sie uns sonst nicht geboten ist.

Da die Druckpunkte rundlich-längliche punktfreie Räume zwischen sich lassen, so ist die Möglichkeit gegeben, auch gegenüber flächenhaften Druckreizen die Punkte mit der punktfreien Haut zu vergleichen. Man kann mittelst eines sehr kleinen Korkcylinders oder auch eines Stecknadelkopfes einen Druck auf eine punktfreie Hautfläche üben, und ebenso auf eine Anhäufung von Druckpunkten oder auch nur auf einzelne oder einen einzigen. Auch hierbei entsteht bei ersterem ein dumpfes mattes Gefühl; vor allem kann man die Stärke des Druckes

nicht wahrnehmen, bis das Gefühl bei zunehmendem Druck mehr stechend wird. Auf den Druckpunkten dagegen hat man ein regelrechtes Gefühl des Druckes und nimmt jede geringste Veränderung der Druckstärke wahr.

Ortssinn der Druckpunkte.

Sind die Druckpunkte als die Träger der specifischen Druckempfindung erkannt, so schliesst sich sofort die Frage daran, ob dieselben auch mit der dem Druckgefühl anhaftenden Ortsempfindung etwas zu thun haben, und es präsentirt sich hier dieselbe Art der Prüfung, welche bei den Temperaturpunkten vorgenommen worden ist, nur dass dieselbe hier weit einfacher und sicherer auszuführen ist.

Man bezeichnet an einer Stelle eine Anzahl von Druckpunkten und lässt am besten von einem Gehilfen, bei Abwendung der eigenen Augen, die Spitzen eines Tasterzirkels gleichzeitig auf je zwei Druckpunkte setzen. Während man sonst den Aufsatzenden des Tasterzirkels eine gewisse Breite giebt, müssen sie für unseren Zweck fein gespitzt sein, — denn man muss sich immer vergegenwärtigen, dass die feinste Spitze, welche einen Druckpunkt trifft, doch immer nur eine Druckempfindung auslösen kann. Es handelt sich bei diesen Versuchen um so kleine Entfernungen, dass der Tasterzirkel darauf eingerichtet sein muss, dass die Nadeln bis auf 0,1 mm einander genähert werden können und dass die Entfernung derselben auch bis auf Zehntelmillimeter abgelesen werden kann.[1])

Die Prüfungen werden demgemäss in folgender Weise angestellt: Ein Gehilfe setzt die beiden Spitzen nach freier Wahl bald auf punktfreie Räume, bald so, dass die eine Spitze einen Druckpunkt, die andere den punktfreien Raum trifft, bald so, dass beide Spitzen je einen Druckpunkt treffen. Nach jedem Aufsetzen wird angegeben, ob doppelt oder einfach gefühlt wird. Ich habe Doppelempfindungen stets nur auf Druckpunkten gehabt. Diese Untersuchungen sind ausserordentlich einfach und von einer frappanten Sicherheit und ich habe dieselben bei allen Personen mit Erfolg vornehmen können, bei denen ich es überhaupt versucht habe.

Auf die angegebene Weise habe ich nun die verschiedenen Körpertheile an mir selbst untersuchen lassen und zwar auf die Minimaldistanz, in welcher zwei Druckpunkte bei gleichzeitiger Reizung als doppelt gefühlt werden können. Ich habe dabei den Weg verfolgt, dass ich entweder, sobald bei einer bestimmten Distanz die Doppelempfindung mehrfach eingetreten war, dieselbe verringerte und so weiter bis zu

[1]) Ein solches Instrument hat mir Hr. Paul Dörffel in Berlin angefertigt.

einer unteren Grenze drang, oder, nachdem ich in Analogie anderer Messungen schon in's Ungefähre eine Vermuthung über die Minimaldistanz aufstellen konnte, unterhalb derselben anfing und nach vergeblichen Versuchen, die Distanz allmälig bis zu der richtigen Grenze vergrösserte. Bei weitem die meisten Körpertheile wurden zu sehr verschiedenen Zeiten und zum Theil in grossen zeitlichen Zwischenräumen wiederholt gemessen, wobei auch oft die Resultate, jedoch nur um kleine Werthe, differirten. Die beim Anfange dieser Untersuchungen gefundenen Werthe stellten sich übrigens bei den späteren Untersuchungen meist als zu gross heraus. — Auch hier gelten, wie bei den Temperaturpunkten, die gefundenen Minimaldistanzen immer nur für eine gewisse relativ geringe Zahl unter der auf einer Stelle vorhandenen Summe von Punkten; es ist somit nicht eigentlich der durchschnittliche Ortssinn, der mittlere Werth der localen Unterschiedsempfindlichkeit gemessen, sondern derjenige Werth, welcher die überhaupt extremste Grenze der Unterscheidungsfähigkeit darstellt.

Es wurde hierbei die Beobachtung gemacht, dass die zur Doppelempfindung nothwendige Distanz viel kleiner war bei Punkten, welche verschiedenen Ketten, als solchen, die derselben Kette angehörten; ferner, dass die innerhalb einer Kette oder in der Verlängerung derselben aufgesetzten Spitzen häufig bei einer ganz bestimmten Stellung in auffallend geringen Distanzen als doppelt wahrgenommen wurden, nämlich wenn die eine Spitze auf den Ausstrahlungspunkt oder in der Verlängerung der Kette über den Ausstrahlungspunkt hinaus oder auf den an der Ecke gelegenen Punkt rückte. Mit ganz besonderer Deutlichkeit und in äusserst kleinen Distanzen wurden namentlich diejenigen Punkte doppelt wahrgenommen, welche in der Nähe des Ausstrahlungscentrums liegend zwei verschiedenen Ketten angehörten. — Diejenigen Punktpaare, welche überhaupt als doppelt wahrgenommen und dem entsprechend angegeben worden waren, wurden bei Fortsetzung der Prüfung mit grosser Constanz immer wieder als doppelt gefühlt. — Diese Wahrnehmungen wiederholten sich so oft, dass ich mich berechtigt fühle, sie nicht für etwas Zufälliges zu halten. Es kam an manchen Stellen vor, dass unter der ganzen Menge von Punkten die gefundene Minimaldistanz immer nur an einem bestimmten Punktpaare zur Doppelempfindung Anlass gab und dass dieses letztere den eben beschriebenen Verhältnissen entsprach. Ich glaube aus diesen Beobachtungen den Schluss ziehen zu dürfen, dass die Punktketten ausstrahlenden, sich verästelnden Nervenfasern entsprechen und dass unter Umständen eine Kette ganz oder grösstentheils den Ramificationsbezirk einer einzigen Faser oder wenigstens von Fasern, welche in besonders engem ana-

tomischen und functionellen Connex stehen, darstellen kann, während man bei verschiedenen Ketten sicher ist, zwei verschiedene Nervenfasern zu reizen. Weiter aber, dass die gleichzeitige Reizung zweier Nervenfasern unter Umständen zur Doppelempfindung genügt, gleichgültig wie weit die Reize auf der Hautfläche von einander entfernt sind.

Sobald die Doppelempfindung der Punkte deutlich in das Bewusstsein tritt, so ist mit derselben meist gleichzeitig ein ziemlich zutreffendes Wahrnehmen des gegenseitigen Lageverhältnisses der Punkte verbunden. Man fühlt, ob die Punkte in der Längsrichtung des Körpers oder der Glieder, in der Queraxe oder schräg nach der einen oder anderen Richtung stehen. — Ferner ist die schon bei dem Ortssinn der Temperaturpunkte erwähnte Erscheinung auch bei den Druckpunkten vorhanden, dass nämlich die Entfernung derselben durchgehends ganz erheblich zu weit geschätzt wird.

Die Distanzminima, welche ich bei meinen Messungen feststellen konnte, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Auf die aus derselben hervorgehenden topographischen Unterschiede werde ich später noch zurückkommen. Ich möchte an dieser Stelle noch einmal hervorheben, dass, wenn noch irgend etwas an der Existenz der Druckpunkte zweifelhaft sein könnte, die mit exacter Schärfe anzustellenden Beobachtungen über den Ortssinn derselben diese Zweifel beheben müssen.

	Millimeter		Millimeter
Rücken	4—6	Hohlhandwülste an den Fingergelenken	0 · 3
Brust	0 · 8	Dorsalfläche der Meta-carpo-Phalangeal-Gelenke	0 · 9
Bauch	1 · 5—2	I. und II. Phalange volar	0 · 2—0 · 4
Stirn	0 · 5—1 · 0	I. u. II. Phalange dorsal	0 . 4—0 · 8
Kopfhaut	1—1 · 4	Nagelglied volar	0 · 1
Wange	0 · 4—0 · 6	Nagelglied dorsal	0 · 3—0 · 5
Nase	0 · 3	Schwimmhaut zwischen den Fingern	0 · 9
Kinn	0 · 3	Oberschenkel	3 · 0
Oberarm, Beugefläche	0 · 6—0 · 8	Unterschenkel	0 · 8—2 · 0
Unterarm, Beugefläche	0 · 5	Fussrücken	0 · 8—1 · 0
Unterarm, Streckfläche	1 · 0	Fusssohle	0 · 8—1 · 0
Handrücken	0 · 3—0 · 6		
Handteller	0 · 1—0 · 5		
Daumenballen	0 · 2—0 · 3		
Kleinfingerballen	0 · 1—0 · 2		

Schmerzpunkte.

Man begegnet, wenn man mit der Nadel die Haut abtastet, nicht selten Punkten, welche auf einen sehr schwachen Nadelreiz mit einer auffallend fein stechenden, bei etwas stärkerem Druck lancinirenden, hervorragend schmerzhaften Empfindung reagiren, wo andere Hautstellen nichts fühlen oder wenigstens nicht annähernd einen Schmerz wahrnehmen. Man kann an diesen Punkten auch mittelst schwacher faradischer Ströme diese besondere Schmerzempfindlichkeit nachweisen. Namentlich finden sich dieselben in den grossen und kleinen Furchen der Haut — wo gerade das specifische Druckgefühl fehlt. Ich hatte sie in meiner früheren Publication als Schmerzpunkte bezeichnet, bemerke jedoch ausdrücklich, dass dieser Name nicht involviren sollte, dass diese Punkte etwas Specifisches seien; ich bin weit davon entfernt, zu glauben, dass dieselben in irgend einer besonderen Beziehung zum Schmerzsinn stehen. Ich hatte früher geglaubt, dass dieselben eine den Druckpunkten ähnliche Anordnung haben. Die Zeichnungen wurden in der Weise hergestellt, dass eine circumscripte Hautstelle mit schwächsten Nadelreizen abgesucht wurde und diejenigen Punkte, an welchen mir das beschriebene Gefühl auffiel, bezeichnet wurden. Diese Bilder zeigten einen Typus der Anordnung, welcher dem der Druckpunkte ähnlich war. Jedoch bin ich später zu der Ueberzeugung gekommen, dass die Bestimmung dieser Punkte derartig mit Fehlerquellen behaftet ist, dass es unvorsichtig wäre, irgend welche Sätze auf Grund derselben aufzustellen. Nur soviel glaube ich behaupten zu können, dass es solche Punkte giebt, welche bei auffallend schwachen Reizen eine Schmerzempfindlichkeit zeigen.

Theorie des Gefühlssinnes.

Wenn in Folgendem versucht werden soll, eine Theorie des Gefühlssinnes der Haut aufzustellen, so möchte ich die Vorbemerkung machen, dass dieselbe nicht eine erschöpfende Theorie des gesammten Gefühlssinnes sein soll, sondern nur eine Darstellung derjenigen Auffassung über den Gefühlssinn, welche zunächst aus der Thatsache der Druckpunkte und ihren Eigenschaften, sowie aus einigen weiteren damit in Zusammenhang stehenden Beobachtungen unmittelbar gefolgert werden muss.

Die durch den — allgemein gesagt — Gefühlsnervenapparat der Haut vermittelten Empfindungsqualitäten sind:

Berührungsempfindung,
Druckempfindung,
Schmerzempfindung,
Kitzelempfindung.

Ob ausser der letzteren noch ein von ihr zu unterscheidendes specifisches Juckgefühl existirt, lasse ich dahingestellt. Ich habe mich bis jetzt nicht davon überzeugen können, sondern glaube, dass das sogenannte Jucken nur ein besonders andauerndes Kitzelgefühl ist.

Stellen wir die an den Druckpunkten entstehenden Gefühlsqualitäten noch einmal denjenigen der dazwischen liegenden Hautstellen gegenüber, so haben wir bei jenen die gesteigerte Berührungsempfindlichkeit, welche sich in dem auf schwächste Reize erfolgenden zarten Berührungsgefühle kundgiebt. Dieses geht, wie es denn nichts anderes ist als ein äusserst schwaches Druckgefühl, bei stärkeren Reizen in die specifische Druckempfindung über, um sich schliesslich zu einem schmerzhaft drückenden Gefühl zu steigern. An den punktfreien Hautstellen dagegen wird erst bei relativ stärkeren punktförmigen Berührungsreizen ein Berührungsgefühl hervorgebracht; dasselbe ist nicht scharf und distinct ausgeprägt wie bei den Druckpunkten, sondern stumpf, pelzig, unbestimmt. Es geht bei Verstärkung des Reizes über in ein stechendes oder besser stichähnliches, aber nicht schmerzhaftes Gefühl, d. h. in eine Empfindung, welche punktförmig, dabei dünn und matt in ihrem Ausdruck ist und — wenn sie auch quantitative Unterschiede in sich wohl erkennen lässt, doch ein unmittelbares, objectivirendes Wahrnehmen der aufgewendeten Druckstärke nicht gestattet. Dieses Gefühl geht weiterhin über in ein schmerzhaft stechendes, welches durchdringend, lancinirend und, meist im Moment des Entstehens am stärksten ist, um trotz Fortdauer des Reizes schnell zu erlöschen und im Allgemeinen einen schwächeren Eindruck auf das Sensorium ausübt als die schmerzhafte Erregung eines Druckpunktes, welche letztere sich noch dadurch vor jener auszeichnet, dass sie nicht schnell vorübergeht, sondern so lange andauert als der Reiz und sich meist noch steigert oder steigern lässt. Der Schmerz der Druckpunkte ist bei starkem Druck viel empfindlicher als derjenige zwischen ihnen, er irradiirt häufig und kann unerträglich werden.

Diese Charakteristik ist natürlich Punkten entnommen, welche in ihrer Qualität besonders ausdrucksvoll sind. Es giebt, wie schon erwähnt, hier Abstufungen, und man findet solche Punkte, welche einen derartig scharfen Unterschied gegen ihre Umgebung nicht erkennen lassen.

Dessen ungeachtet erwächst aus den beschriebenen Verhältnissen die nothwendige Folgerung, für die Druckpunkte gesonderte Nervenfasern anzunehmen. Mag man sich eine Einrichtung der etwa hier liegenden Endapparate denken, wie man will, man kann auf keine Weise die Erscheinung, dass das Punktgefühl von einer anderen Qualität ist, durch irgend welche Endapparate erklären. Auch die Annahme, dass die gewöhnlichen sensiblen Nerven an den Punkten etwa in besonderer Dichtigkeit liegen, kann die Qualität des Druckgefühles nicht erklären. Ich schliesse daher aus den mitgetheilten Thatsachen, dass es in der Haut neben den Temperaturnerven noch zwei gesonderte Arten von sensiblen Nerven giebt: die eine von diesen stellt die allgemein verbreiteten Gefühlsnerven dar, welche im Allgemeinen jeden Punkt der Haut befähigen, mechanische Reize von einer gewissen Stärke überhaupt wahrzunehmen. Die andere Art wird gebildet von den specifischen Drucknerven, welche befähigt sind, einerseits hervorragend feine Reize, andererseits die Abstufung der Reizstärke wahrzunehmen, endlich mit einem eminenten Ortssinn ausgestattet sind. Diese specifischen Drucknerven bilden ein eigenes System von Nerven und treten mit den Temperaturnerven zusammen in die Hautsinnesfläche ein, indem die Fasern gemeinschaftlich an gewissen Stellen der Haut, besonders den Haarinsertionen, aufsteigen und sich von hier aus radienförmig in die Fläche ausbreiten. Das System der Gefühlsnerven scheint die Haut allseitig, ohne bestimmt erkennbaren Typus der Verzweigung, zu durchziehen und macht im Allgemeinen jeden Punkt der Haut zu einem fühlenden. Das System der Drucknerven dient dagegen einer specifischen Sinnesthätigkeit, welche ihren besonderen Wirkungskreis hat, nämlich das Ressort der Tast-, Druck- und Ortswahrnehmungen. Es ergiebt sich hieraus, dass die Gefühlsnerven mehr die Function haben, unsere Haut selbst uns fühlen zu lassen, die Drucknerven mehr die Aussenobjecte zu fühlen; und so würden die ersteren mehr als Träger des sogenannten Gemeingefühls zu betrachten sein, während die Erregungen der letzteren mehr zur Objectivirung geeignet sind.

Sowohl an den Druckpunkten wie an der punktfreien Haut wird bei einer gewissen Grenze der Reizstärke das Gefühl ein schmerzhaftes, und da der Schmerz doch eine neue Qualität darstellt, so tritt uns die Frage entgegen, wie sich die Schmerzqualität zu den Gefühls- und Drucknerven bez. zu den von ihnen geleiteten Empfindungsqualitäten verhält. — Fasst man den Schmerz als eine eigene Qualität auf, so müsste man ihm auch eigene Nerven einräumen, Schmerznerven. Die Frage nach den Schmerznerven hat bis jetzt immer noch nicht erledigt werden können; man steht wohl grösstentheils auf dem Standpunkt der Schiff'-

schen Versuche, welcher durch Durchschneidung der grauen Substanz Analgesie herbeigeführt zu haben ergab. Man müsste sich dann, nach dem Vorgange Funke's, Wundt's und Anderer, die Vorstellung bilden, dass die sensible Faser nach ihrem Eintritt in das Rückenmark sich in zwei Wege gabelt, von denen der eine durch die graue Substanz geht, mehr Leitungswiderstände bietet und daher nur bei starken Erregungen passirbar ist, der andere durch die Hinterstränge führt. Da die specifische Energie nicht eine Eigenschaft der Leitungswege, sondern der centralen Apparate ist, so müsste man weiter annehmen, dass die getrennten Leitungsbahnen auch getrennte centrale Endigungen haben, derart, dass die eine bei jeder Erregung die Gefühls- bez. Druckqualität giebt, die andere Schmerzqualität. Man wird demnach auf diesem Wege auf die Annahme specifischer Schmerzapparate, centraler Schmerzzellen geführt; und die Trennung der Leitungsbahnen kann danach nur die Bedeutung haben, dass eine Sonderung der Erregungen nach ihrer Intensität stattfindet, so dass den Schmerzzellen auch wirklich nur die starken Erregungen zugeführt werden. — Dass man überhaupt getrennte Leitungsbahnen annehmen muss und nicht Druck und Schmerz in einem und demselben Wege leiten lässt, wird veranlasst durch die Erscheinungen der Analgesie. Denn wenn an einer Stelle der Haut Gefühlssensationen wahrgenommen werden, aber kein Schmerz, so kann man nicht annehmen, dass hier die Empfindlichkeit für schwache Erregungszustände erhalten, für starke aufgehoben sei. Es ist dies zwar geschehen; man kann sich auch wohl vorstellen, dass eine centrale Ganglienzelle derartig verändert werden könne, dass sie wohl in einen schwachen, aber nicht in einen stärkeren Erregungszustand verfallen könne; jedoch ist es paradox, dass sie bei einer derartigen Schwächung ihrer Empfindlichkeit durch die schwächsten Reize überhaupt weiter könne erregt werden; dies müsste man aber bei der gedachten Erklärungsart voraussetzen. — Wenn daher der Schmerz eine neue Qualität sein soll, so kann man die Erscheinung der Analgesie nicht anders auslegen, als indem man entweder eine Spaltung der Leitungsbahnen und centralen Endigungen oder von vornherein besondere Schmerznerven annimmt. Letztere Annahme nun hat es mit der Schwierigkeit zu thun, dass man an jedem Punkt der Haut und auch an den Druckpunkten eine doppelte Innervation voraussetzen müsste. Ferner spricht dagegen, dass wir an manchen Körpertheilen Schmerzen nur empfinden bei krankhaften Veränderungen, z. B. in der Zahnpulpa, in den serösen Häuten u. s. w. Es müssten danach die hier gelegenen Schmerznerven im Allgemeinen in völlig unthätigem Zustande verharren und nur zu dem Zwecke da sein, um bei einzelnen Unglücklichen zu einer gewissen

Zeit des Lebens in Thätigkeit zu treten.[1] Was nun die oben beschriebenen Schmerzpunkte betrifft, so ist dort schon hervorgehoben, dass denselben eine besondere Beziehung zum Schmerzsinn und speciell zu etwaigen gesonderten Schmerznerven nicht zukommen kann. Vielmehr dürften dieselben einfach Endigungen der Gefühlsnerven darstellen, welche in besonders exponirter Lage äusseren Reizungen gegenüber sich befinden, so dass schon ein schwächerer Reiz bei ihnen einen Erregungszustand herbeiführt, wie an den übrigen Stellen ein stärkerer.

Neigt man sich nun zu der Ansicht, dass der Schmerz keine neue Qualität sei, sondern nur die stärkste Form der den Gefühls- und Drucknerven sonst eigenen Qualitäten, so fiele damit die Nothwendigkeit einer getrennten centralen Endigung fort, man müsste es jedoch auf irgend eine Weise plausibel zu machen suchen, dass die eine Bahn, die durch die Hinterstränge, lediglich für schwache, die andere durch die graue Substanz lediglich für starke Reize passirbar sei — wie dies Wundt versucht hat. Die Lehre von den specifischen Energieen verlangt es in der That nicht, dass man den Schmerz als eine differente Qualität hinstellen müsste, besonders da er, wenn er nicht sehr intensiv ist, doch immer gewisse verwandtschaftliche Beziehungen zur Berührungs- und Druckqualität zeigt.

Ich sehe daher keine andere Möglichkeit, als den zur Zeit wohl meist vertretenen Standpunkt von der Gabelung der Leitungsbahnen festzuhalten, mit dem Zusatz, dass die gemeinsame centrale Endigung mir wahrscheinlicher ist als die Specificität centraler Schmerzzellen.

Danach wäre die Anschauung über die qualitativen Leistungen der Hautsinnesnerven in folgender Weise zu formuliren: Der Gefühlsnerv giebt, in Erregung versetzt, jene schon öfter beschriebene matte stichartige Empfindung, zu welcher sich bei einer gewissen Stärke der Erregung ein stichartiges lancinirendes Schmerzgefühl gesellt. Der Drucknerv giebt Druckempfindung, d. h. eine etwas verbreiterte, vollere, körnige, feiner Abstufungen fähige Empfindungsqualität, zu welcher sich bei einer gewissen Erregungsstärke ein ziehendes, drückendes, quetschendes, im Vergleich zu dem der Gefühlsnerven im Allgemeinen intensiveres und nachhaltigeres Schmerzgefühl gesellt.

Beide Arten von Nerven empfinden nun schwache Erregungszustände zugleich als Kitzel, und es ist daher erforderlich, dieser Qualität noch näher zu treten.

---

[1]) Dieses Argument spricht allerdings auch gegen die specifischen centralen Endigungen schmerzleitender Fasern überhaupt.

Das Kitzelgefühl ist dem Experiment schwer zugänglich und ich muss mich begnügen, über dasselbe meine eigene Ansicht hier darzustellen, welche ich zwar nicht geradezu beweisen kann, welche jedoch durch einige Beobachtungen für mich einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit hat.

Wir erzeugen überall den Kitzel durch die schwächsten mechanischen Reize. Er wird nicht etwa durch irgend eine bestimmte Art von Bewegungen hervorgebracht, sondern jede einfache mechanische Reizung erzeugt ihn, vorausgesetzt nur, dass sie schwach genug ist. Es ist demnach der Kitzel als eine specifische Empfindungsqualität irgend eines Nervenapparates anzusehen, welche in Folge Reizung desselben durch schwächste mechanische Reize producirt wird. Es fragt sich nun, ob dieser Nervenapparat derselbe ist wie der für die Berührungs- und Druckempfindung und in welchem Verhältniss die letzteren zum Kitzelgefühl stehen. — Das Kitzelgefühl entsteht nun im Allgemeinen stets gleichzeitig mit Berührungs- und Druckgefühl, namentlich aber begleitet es das schwache Berührungs- und Druckgefühl, während es, wenn letzteres stärker ist, zurücktritt. Dies verhält sich jedoch topographisch verschieden. An Regionen mit schwachem Kitzelgefühl ist dasselbe nur bei schwächster Berührung vorhanden; an solchen mit starkentwickelter Kitzelempfindlichkeit ist es selbst noch bei derben mechanischen Reizungen, die sich bereits der Schmerzgrenze nähern, zu bemerken. Angenommen, es gäbe besondere specifische Kitzelnerven, so wäre nicht einzusehen, warum der Kitzel nicht mit der Stärke der Erregung wachsen sollte, wie es bei allen Sinnesempfindungen der Fall ist. Dieses Argument möchte wohl genügen, um wenigstens den Versuch zu rechtfertigen, eine Vorstellung durchzuführen, nach welcher das Kitzelgefühl ein Product desselben Nervenapparates sein soll, welcher uns die Berührungs- und Druckempfindung zuleitet. Da nach dem Gesetze der specifischen Energieen nur quantitative, nicht qualitative Verschiedenheiten des nervösen Erregungszustandes angenommen werden können, so muss diese Vorstellung damit beginnen, dass die specifische Empfindung der sensiblen Nerven nicht die blosse Berührungs- und Druckempfindung ist, sondern diese mit Kitzel vereinigt, in der Weise, dass dieselbe gleichsam in der Färbung des Kitzels wahrgenommen wird, wie man mit den Sehnerven stets ein Object mit einer Farbe versehen wahrnimmt. Diese Färbung des Kitzels tritt am deutlichsten hervor, wenn die Berührungs- bez. Druckempfindung mit ihrem Empfindungsinhalt am schwächsten in das Bewusstsein tritt; je mehr dieser letztere in den Vordergrund tritt, desto mehr nimmt die Färbung des Kitzels ab. — Hiernach ist also Kitzel nicht eine neben der Druck-

qualität bestehende andere Qualität, sondern innig mit ihr verbunden, — eben wie die Farbe mit der Gesichtsempfindung und zwar derart, dass er um so intensiver wahrgenommen wird, je weniger der eigentliche Inhalt der Druckempfindung auf die Seele wirkt.

Es giebt mehrfache Erscheinungen, welche für diese Auffassung sprechen. Sehr häufig entsteht heftiger Kitzel aus inneren in der Haut gelegenen Ursachen, welche auf die Nervenenden wirken, Hyperaemie, Exsudat u. s. w. Hierbei ist die Berührungs- und Druckempfindung meistens Null, während die Kitzelempfindung sehr stark hervortritt. — Applicirt man auf die Haut einen stärkeren mechanischen Reiz, indem man mit einer Nadel oder einem Hölzchen einsticht, so ist unmittelbar darauf in einem gewissen Umkreis die Haut unfähig Kitzel wahrzunehmen. Umgekehrt, streicht man leise über eine Stelle, so dass ein nachdauerndes Kitzelgefühl entsteht, und reizt nun in der angegebenen Weise einen Punkt, so ist in demselben Moment das Kitzelgefühl verschwunden. — Nach mehrfacher Kitzelerregung ist eine Stelle wohl noch fähig, Berührung wahrzunehmen, aber nicht Kitzel. — Eine Stelle, welche längere Zeit bedeckt gehalten ist, so dass die sensiblen Nerven keine Reizung erfahren haben, wie sie sie sonst durch Friction, Luftzug u. s. w. fortwährend erleiden, ist empfindlicher gegen Kitzel. Brillentragende Menschen haben die Neigung, beim Abnehmen der Brille die Augenlider zu reiben. — Die Empfindlichkeit für Kitzel ist topographisch verschieden — worauf wir noch zurückkommen. Es ist nun merkwürdig, dass Körperstellen, deren Haut an starke Druckreize gewöhnt ist, wie z. B. das Gesäss, gerade hervorragend empfindlich für Kitzel sind, während andere, deren Nerven vorzugsweise auf schwache Reize eingerichtet sind, wenig Kitzel wahrnehmen, wie die Finger und Tastballen. Die Nerven der Gesässhaut sind an starke Erregungen gewöhnt, oder besser, das Sensorium ist an ihre starken Erregungen gewöhnt und nimmt sie nicht mehr in der ihnen eigentlich zukommenden Empfindungsstärke wahr. Werden diese Nerven jetzt einmal durch schwache Reize erregt, so tritt die Kitzelempfindung äusserst lebhaft in das Bewusstsein, weil die Druckempfindung als solche inhaltlich zurücktritt in Folge der Gewöhnung an stärkere Druckreize. Die Tastnerven der Finger dagegen sind an schwache Erregungen gewöhnt und das Sensorium hat schon bei ihren schwachen Erregungen ausgesprochene Empfindungen des Druckes. Deshalb wird bei diesen die Färbung des Kitzels auch den schwächsten Reizen gegenüber weniger zur Geltung kommen.

Der Kitzel ist hiernach innig mit der Druckempfindung verknüpft: je mehr aber gewissermaassen die Contouren der letzteren hervortreten,

desto mehr tritt die Färbung des Bildes zurück. Einen inneren Zusammenhang in diesen Vorgang kann man in folgender Weise zu bringen versuchen; Kitzel gehört zu denjenigen Gefühlen, welche nicht objectivirt zu werden pflegen. Und zwar wird dies ohne Zweifel verhindert hauptsächlich durch die Stärke des psychischen Eindrucks, welchen die Empfindung hervorruft. Denn sie macht unter Umständen einen dem Schmerz ähnlichen heftigen Eindruck, ruft die gewaltigsten Reflexbewegungen hervor und stört das bewusste Denken. Man könnte sich nun vorstellen, dass die Empfindung des Kitzels überhaupt stets mit der des Druckes verbunden sei. Wir würden dann nie in die Lage kommen, diese beiden für getrennte Empfindungen zu halten, wie wir es jetzt thun. Es würde jedoch die unzweckmässige Folge entstehen, dass wir das Druckgefühl nie objectiviren könnten. Da nun das Objectivirtwerden eine allgemeine Eigenschaft aller derjenigen Sinnesempfindungen ist, welche durch Bewegungen merkbar verändert werden, so ist zu Gunsten dieses allgemeinen Gesetzes die Objectivirungsfähigkeit für die Druckgefühle doch erreicht worden, indem zunächst an den Stellen, welche hauptsächlich zur Wahrnehmung und Schätzung der Druckwirkungen verwendet werden, eine Abstumpfung gegen den psychischen Eindruck des begleitenden Kitzelgefühls sich entwickelt hat und so ein Verdrängen desselben durch die Objectivirung des Druckgefühles stattgefunden hat. Hieraus ist, im Zusammenhang damit, dass für die schwächsten Druckreize naturgemäss die Objectivirung weniger geübt worden ist — ausser eben an den Tastflächen — der Zustand resultirt, dass der Kitzel um so mehr zurücktritt, je schärfer die Erregung der Drucknerven objectivirt wird.

In Bezug auf die Erscheinung, dass ein stärkerer Hautreiz die Kitzelempfindlichkeit auf einen gewissen Umkreis hin aufhebt, möchte ich noch hervorheben, dass man sich dies nicht durch Veränderungen der Haut selbst erklären kann, sondern lediglich so, dass eine centrale Erregung von Ganglienzellen oder Leitungsbahnen von einer gewissen nachdauernden Wirkung gesetzt ist, welche, wie stärkere Druckempfindungen, das Eintreten der Kitzelempfindung über die Bewusstseinsschwelle verhindert. Ich denke mir in analoger Weise die Wirkung des Kratzens beim Jucken. Wenn es auch nahe liegt, anzunehmen, dass die Gewohnheit des Kratzens sich aus der bewussten Absicht entwickelt habe, irgend welche an der Haut befindliche kleine Fremdkörper hinwegzuräumen, so ist doch unverständlich, weshalb wir auch dann, wenn solche nicht vorhanden sind, kratzen und weiter, weshalb wir uns nicht begnügen, einfach den Fremdkörper, im Falle dass einer da ist, aus dem Wege zu räumen, sondern, nachdem dies ge-

schehen, die Kratzbewegungen noch fortsetzen. Endlich kratzen wir auch, wenn wir überzeugt sind, dass eine innere nicht hinwegzuräumende Ursache das Jucken hervorbringt, z. B. bei heilenden Geschwüren, und zwar nicht einmal an der Stelle des Juckgefühls, sondern im Umkreise, da wir sehr wohl die Erfahrung gemacht haben, dass dies auf eine gewisse Entfernung noch wirksam ist zur Unterdrückung des Kitzels. Ich glaube demnach, dass die Wirkung des Kratzens darin besteht, dass ein stärkerer Erregungszustand der Drucknerven producirt wird, welcher den schwächeren, die Kitzelempfindung hervorbringenden unterdrückt. Hierauf deutet es auch, dass das Kratzen bis zu einer gewissen Sättigung fortgesetzt zu werden pflegt, nämlich bis der Erregungszustand eine zur Unterdrückung des Kitzels genügende Stärke erreicht hat.

Dass das Kitzelgefühl sowohl den Berührungs- wie den Drucknerven angehört, geht daraus hervor, dass einerseits an den Druckpunkten dasselbe sogar für gewöhnlich besonders stark und durch die schwächsten Reize zu erzielen ist, und dass es andererseits auch an druckpunktlosen Stellen, z. B. jungen Narben, sehr ausgeprägt vorhanden ist.

Die über die Ortsempfindung der Druckpunkte mitgetheilten Beobachtungen lassen sich kaum vereinigen mit der Theorie der „Localzeichen", in der Form, wie dieselbe heute vorgetragen wird. Denn mag man auch annehmen, dass diese Localzeichen nicht peripherischen Ursprunges sind, sondern centralen, in der Weise, dass den räumlich getrennten Nerven gewisse unterschiedliche qualitative Merkmale der specifischen Empfindung anhaften, welche eine Unterscheidung bei gleichzeitigem Eintreffen ermöglichen, so ist es doch kaum vorstellbar, dass die unzähligen unterscheidungsfähigen Druckpunktpaare durch derartige qualitative Färbungen differenzirt sein sollten. Auch ist es kaum denkbar, dass die sehr häufige unmittelbare Wahrnehmung des ungefähren Lagerungsverhältnisses der Druckpunkte auf einer erlernten Kenntniss der supponirten qualitativen Färbungen beruhen sollte. Vielmehr wird es wahrscheinlich gemacht, dass die anatomische Geschiedenheit der Nervenfasern und ihrer centralen Endigungen unmittelbar auf das Sensorium wirkt, wobei das Moment, dass die Einzelempfindungen eine gewisse Deutlichkeit haben müssen, noch wesentlich zu sein scheint. Damit ist nicht gesagt, dass den centralen Elementen eine unmittelbare, eingeborene räumliche Empfindung zukommen solle, sondern nur die Unterscheidungsfähigkeit. Da die diesen centralen Elementen entsprechenden Empfindungen auf die Hautoberfläche verlegt werden — was ja schon ein vorhergegangenes Erlernen involvirt, — so können die gleichzeitig unterschiedenen nicht anders als in der Fläche unter-

schieden werden. Es kann nun hier die empirische Thätigkeit insofern weiter gewirkt haben, als, um den einfachsten Fall zu nehmen, Eindrücke, welche hauptsächlich in der Längsrichtung des Körpers sich ausdehnen, die centralen Elemente in einer anderen anatomischen Configuration erregen, als solche, welche die Querrichtung betreffen. In der That spricht manches dafür, dass die centralen Elemente eine derjenigen der peripherischen wenigstens in groben Zügen entsprechende Anordnung haben, so dass sich also auch gewisse Richtungen der Körperoberfläche in durchgreifenden anatomischen Verhältnissen der Centralapparate documentiren. Hierzu muss dann noch die weitere Annahme hinzukommen, dass bis zu einer gewissen Grenze die räumliche Anordnung der centralen Elemente als solche auf die Seele wirken könne, in der Weise, dass eine gewisse Configuration von erregten Elementen von einer gewissen anderen Configuration unterschieden werden kann. Mag man nun diese hypothetischen Aufstellungen für berechtigt halten oder nicht, jedenfalls erheischen die über den Ortssinn der Druckpunkte gemachten Beobachtungen eine andere Erklärung als die zur Zeit für den Ortssinn der Haut gegebene. Es führt uns dies unmittelbar zu den Untersuchungen E. H. Weber's. Dieser meinte, dass in der Haut anatomische Empfindungskreise existiren, welche je dem Endgebiet einer Tastnervenfaser entsprächen. Eine Faser kann nur einen Eindruck in der Zeiteinheit dem Hirn übermitteln; werden zwei verschiedene Empfindungskreise getroffen, so werden dem Centralorgan danach zwei Erregungen zugeführt, welche jedoch erst dann als gesondert aufgefasst werden können, wenn eine gewisse Anzahl von Empfindungskreisen dazwischen liegt. So stellt sich die Feinheit des Ortssinnes gewissermaassen dar in einer Verhältnisszahl, die angiebt, wie viel anatomische Empfindungskreise in einem physiologischen enthalten sind.

Nach der Kenntniss der Druckpunkte, ihrer Anordnung und ihrer Eigenschaften ist wohl die Behauptung gestattet, dass mit ihnen die Nichtexistenz der Weber'schen Gefühlskreise erwiesen ist. Wir haben keine Kreise, sondern ein System von strahlig angeordneten Nervenendigungen, deren Ortssinn deutlich in Zusammenhang mit dem Strahlenbau steht. Dennoch müssen sich die Weber'schen Messungen mit den unserigen in irgend einen Zusammenhang bringen lassen. Die ortsunterscheidenden Fähigkeiten nun, welche bei distincter Reizung den Punkten in so hohem Grade anhaften, werden verschleiert, wenn eine Summe von ihnen gleichzeitig getroffen wird. Es folgt dies aus dem schon bei dem Ortssinn der Temperaturpunkte hervorgehobenen Umstande, dass das unterscheidungsfähige Punktpaar umgeben ist von mit einander confluirenden

Punktgefühlen. Ausserdem dürfte das matte gleichförmige Gefühl der Gefühlsnerven wohl geeignet sein, zwischen den etwa discontinuirlich gefühlten Punkten eine ausfüllende Verbindung herzustellen. Auf diese Weise dürfte, ähnlich wie bei dem Temperatursinn, die Empfindung des Flächenhaften zu Stande kommen. — E. H. Weber benutzte nun einen Zirkel mit abgestumpften Spitzen und reizte mit demselben nicht blos unter Umständen eine Summe von Druckpunkten, sondern auch zugleich Gefühlsnerven in ganz zufälligem Verhältniss zu einander. Es gehen dabei dem Sensorium zwei local getrennte Summen von Nervenerregungen zu, und wenn unter diesen mehrere einzelne sich befinden, welche für sich allein gereizt doppelt empfunden werden würden, so können dieselben unter der beiderseitigen Masse von Einzelempfindungen doch nicht scharf genug vom Sensorium einander gegenüber gestellt werden. Die Doppelempfindung tritt hier vielleicht erst auf, wenn die Mehrzahl der Einzelempfindungen diesseits von der Mehrzahl der Einzelempfindungen jenseits scharf gesondert werden kann. Es muss übrigens hierbei bemerkt werden, dass auch die punktfreie Haut vielleicht nicht gänzlich des Ortssinnes ermangelt, wenn derselbe auch jedenfalls sehr stumpf ist. — Die Weber'schen Messungen zeigen ungefähr, wie der wirkliche Ortssinn der Druckpunkte sich geltend macht im praktischen Gebrauch. Auf den ersten Eindruck hin nämlich muss es scheinen, dass uns in dem Ortssinn der Druckpunkte eine Art von Luxuseinrichtung mitgegeben sei, von welcher wir überhaupt keinen Gebrauch machen können; denn zu welchen Vorrichtungen brauchen wir ein Unterscheidungsvermögen von 0·5 mm an der Stirn, oder von 4 mm am Rücken. Es verhält sich nun aber so, dass dieses Unterscheidungsvermögen einzelner Punktpaare uns zunächst direct gar nicht zu Gute kommt, weil uns die Empfindungen dieser Punktpaare immer mit gröberen vermischt zugehen. Durch diese Vermischung eben werden die ortsunterscheidenden Fähigkeiten der Punkte derartig abgeschwächt, dass nun derjenige Zustand resultirt, welcher uns in den Weber'schen Messungen mit abgestumpftem Zirkel entgegentritt. Es ist anzunehmen, dass, wenn das auch für Flächenreize bestimmende Substrat, nämlich die Druckpunkte, einen weniger ausgebildeten Ortssinn hätte, dann auch der für Flächenreize sich ergebende Ortssinn ein stumpferer sein würde, als er in den Weber'schen Messungen hervortritt.

Diese Auffassung nun vermag auch die Erscheinung der Uebung des Ortssinnes zu erklären. Man könnte nämlich meinen, dass das Factum der Uebungsfähigkeit des Ortssinnes einer so starren Basis, wie wir sie in den Druckpunkten angenommen haben, entgegenstehe.

Jedoch da wir es bei den gewöhnlichen Flächenreizen — als Flächenreiz muss jeder aufgefasst werden, welcher mehr bedeckt als einen Druckpunkt — mit einer Summe von gleichzeitigen Nerveneindrücken zu thun haben, so findet die Uebung als centrale Fähigkeit ein Feld für sich. Wenn wir aus der bei den gewöhnlichen Tasteindrücken uns zugehenden Summe von Nervenerregungen diejenige der Druckpunkte schärfer heraussondern könnten, als es der Fall ist, so würde nach der uns zu Gebote stehenden anatomisch-physiologischen Grundlage, wie sie in den Druckpunkten gegeben ist, unser Ortsgefühl bedeutend verfeinert werden können. Es handelt sich nun bei der Uebung der Sinnesnerven vielfach darum, aus zwei ähnlichen Summen von Nervenerregungen differente Erregungen einzelner Nerven herauszuerkennen.[1]) Die Uebung des Ortssinnes als Uebung der Fähigkeit, aus zwei Summen von annähernd gleichartigen Einzelempfindungen differentere herauszuerkennen, würde durchaus derjenigen Vorstellung entsprechen, welche wir uns nach der Darstellung du Bois-Reymond's von der Uebung machen müssen. Die über die Uebung des Ortssinnes bekannten Erfahrungen würden sich sonach auch auf der Basis der Druckpunkte erklären lassen: so die von Volkmann hervorgehobene Thatsache, dass die Raumschwelle sich durch methodische Untersuchungen in wenigen Stunden bis auf die Hälfte verfeinert und dass sich der Erfolg dieser Uebung an einer bestimmten Hautstelle auch auf die symmetrischen Stellen der anderen Seite erstreckt; ferner die Beobachtung von Funke, dass am Rücken nur geringe Verfeinerungen durch Uebung zu erzielen sind, — wo, wie wir sehen, die Druckpunkte so weit verstreut liegen, dass der stumpfe Tasterzirkel nur wenige bedecken wird (Taf. IV, Fig. 31); die Valentin'sche Beobachtung, dass bei verschiedenen Personen an denselben Hautstellen die Raumschwelle eine verschiedene, das relative Verhältniss der einzelnen Stellen jedoch ein gleiches ist; endlich die bekannte Verfeinerung des Tastsinnes bei Blinden.

Wenn nun die Druckpunkte für uns gewissermaassen Ortspunkte darstellen, so muss es auffallen, dass wir mit einem so ungleichmässig durch die Hautsinnesfläche hin verstreuten Apparat, wie es die Druckpunkte doch sind, arbeiten sollen. Denn wenn wir mit diesem die Gestalt der Objecte wahrnehmen sollen, so kann dies nicht anders vor sich gehen, als indem alle diejenigen Punkte der Objectsfläche, welche sich auf unseren Druckpunkten bez. wenigstens den hervorragend deutlichen und empfindlichen Druckpunkten abdrücken, von uns wahr-

[1]) Viele Erscheinungen der Sinnesübung lassen sich hierauf zurückführen; z. B. das Unterscheiden ähnlicher Geschmäcke, Gerüche, Gesichtswahrnehmungen u. s. w.

genommen und örtlich zusammengeordnet werden, alle übrigen Stellen der Objectsfläche aber nicht — denn der Ortssinn der punktfreien Hauttheile ist ein so unentwickelter, dass wir ganz von ihm absehen müssen. Da die Druck- und Ortsempfindungen der Druckpunkte objectivirt werden, so werden wir alle diejenigen Punkte des Objects, welche unsere Druckpunkte berühren, auch eben objectiv wahrnehmen, die übrigen wieder nicht, und die nothwendige Folge muss sein, dass wir die Contactfläche des Objects nicht mit ihrer wahren Gestalt und Beschaffenheit wahrnehmen, sondern so, wie sie sich auf unseren Druckpunkten abdrückt, — gewissermaassen als ob wir mit unseren Druckpunkten in sie hineindividiren. — Dass dies nun in der That der Fall ist, davon kann man sich überzeugen mittelst geeigneter Tastobjecte. Ich benutze hierzu grössere und kleinere durchschnittene Federposen. Zeichnet man auf einer Hautstelle einige Punktketten auf und die von ihnen gebildeten rundlichen Figuren, und führt nun oder lässt führen — eine halbdurchschnittene Federpose, die gekrümmte Kante derselben leicht aufsetzend und wieder abhebend, langsam fortschreitend über die Hautstelle hin, während man seine Aufmerksamkeit ganz auf den jedesmal entstehenden Eindruck richtet, welchen man von der Form des Objects erhält, so überzeugt man sich, dass dieser Eindruck fortwährend wechselt und dass man eine zutreffende Vorstellung von der Form des Objects, also in diesem Falle eine annähernd halbkreisförmige Wahrnehmung nur selten bekommt. Letzteres tritt im Allgemeinen nur ein, sobald die Kante der Federpose ganz zusammenfällt mit einer gekrümmt verlaufenden Kette, mit einem Abschnitt einer rundlichen Punktfigur. Wird die Kante so aufgesetzt, dass der mittlere Theil auf einen punktfreien Raum fällt und nur die Enden auf Punkte, so fühlt man keine gekrümmte Linie, sondern hat nur discontinuirliche Druckempfindungen, etwa wie von einer Gabel sehr kleiner Dimension, oder hat den Eindruck einer geraden Linie. So kann es je nach der Stellung der Kante vorkommen, dass sie im umgekehrten Sinne gekrümmt erscheint oder s-förmig gekrümmt rechtwinkelig geknickt, in der Mitte abgeschnitten, in zwei getrennte geradlinige Abschnitte getheilt u. s. w. So erscheint die Kante auch bald schwach, bald stark gekrümmt, bald lang, bald kurz. Man kann auch ohne vorherige Fixirung von Druckpunkten solche Versuche anstellen, indem man kleine Tastobjecte über grössere Gebiete der Haut in der angegebenen Weise führen lässt, etwa über Finger, Hohlhand u. s. w., und man wird dabei die fortwährende Veränderung des Eindrucks, welchen man von der Form des Gegenstandes bekommt, deutlich wahrnehmen. Eine halbirte Federpose über die Volarfläche eines Fingers geführt, wird, wenn sie nicht zu gross ist, erst am Nagelglied ganz zutreffend gefühlt.

Sie erscheint bald geradlinig, bald verschiedentlich gebogen, geknickt u. s. w. Am Nagelglied erscheint sie an gewissen Stellen auffallend lang und flach gekrümmt und dicht am Nagel mit einer gewissen Constanz wie ein geschlossener Kreis. Alles dies erklärt sich, wenn man in Rechnung zieht, dass dieselbe Entfernung, wenn sie in eine Punktkette fällt, viel kleiner erscheint, als wenn sie auf zwei Ketten desselben Rayons fällt und am grössten — obwohl ich letzteres zur Zeit noch nicht beweisen kann, — wenn sie zwei Ketten verschiedener Rayons trifft, weil nach den oben mitgetheilten Beobachtungen für den Ortssinn die mehr oder minder grosse Geschiedenheit der Nervenfasern von grösserem Einfluss ist als die wirklichen Entfernungen auf der Hautoberfläche. Aehnliche Versuche kann man mit einer geschlossenen kreisförmigen Kante einer Federpose machen. An einer Gelenkfurche des Fingers schnurrt die ringförmige Empfindung ganz zusammen, dann wird der Kreis unregelmässig gefühlt, scheint Vorsprünge nach innen zu bilden, erscheint auffallend gross, oval, dann wieder sehr klein, hin und wieder wie ein abgeschnittener halbirter Ring u. s. w. Es schien öfter, als ob die in der Querrichtung der Glieder stehenden Theile der Tastobjecte deutlicher gefühlt würden als die in der Längsrichtung, was einerseits mit Weber's Beobachtungen übereinstimmen würde, andererseits mit dem Verlauf der Nerven; denn diese durchziehen die Gliedmaassen in ihrer Längsrichtung und breiten sich nach den Seiten hin aus; demnach muss ein der Querschnittsebene paralleler Eindruck mehr gesonderte Nervenfasern treffen als ein der Längsrichtung und damit dem Verlauf der Fasern paralleler. — In derselben Weise wie mittelst lineärer Tastobjecte kann man sich auch mittelst flächenhafter die Ueberzeugung verschaffen, dass die Druckpunkte bestimmend für unsere Wahrnehmung sind. Ich benutze kleine Stifte mit ovaler, runder, quadratischer Grundfläche zu solchen Versuchen. Auch hierbei wechselt die Wahrnehmung bei jeder Verschiebung des Objects und nicht blos nach Form und Grösse, sondern auch nach dem Eindruck, welchen man von der Beschaffenheit der Grundfläche bekommt, welche bald glatt, bald körnig erscheint. Es sei hier gelegentlich erwähnt, dass man auch leicht Doppeleindrücke mittelst continuirlicher Objecte hervorrufen kann, indem man ein schmalkantiges Object so auf die Haut aufdrückt, dass zwei unterscheidbare Druckpunkte von der Kante getroffen werden.

Es geht hieraus hervor, dass wir thatsächlich nicht das Object als solches, sondern unsere Druckpunkte wahrnehmen und weiterhin objectiviren.

Was die topographischen Verhältnisse der Druckpunkte betrifft, so ist es eher möglich als bei den Temperaturpunkten, dieselben

an kleinen Flächenstücken zu studiren, weil der Drucksinn im Allgemeinen gleichmässiger verbreitet ist als der Temperatursinn. Aus den beigegebenen Abbildungen[1]) ist zu ersehen, dass die Dichtigkeit der Druckpunkte topographisch die grössten Verschiedenheiten zeigt. Dabei sind noch diejenigen Theile, welche die grösste Dichtigkeit derselben zeigen, nicht mit vertreten, wie die Fingerbeeren, weil es nicht möglich ist, die Druckpunkte hier von einander zu isoliren. Im Allgemeinen zeigt sich die regionäre Häufigkeit der Druckpunkte im Verhältniss stehend zu der Ortsempfindlichkeit. Jedoch ist das numerische Verhältniss allein noch nicht maassgebend, da noch die Empfindlichkeit der Druckpunkte in Betracht kommt, welche meist bei den seltener stehenden Druckpunkten auch geringer zu sein pflegt. Weiterhin kann man gerade an den Druckpunkten in sehr deutlicher Weise sehen, wie der Sinnesapparat der Haut bis auf das kleinste von der localen Nervenversorgung abhängig ist. Aus den Untersuchungen am Handrücken z. B. geht hervor, dass die den Metacarpalknochen entsprechende Haut im Allgemeinen viel ärmer an Druckpunkten ist als die der Spatia interossea. Die in den letzteren verlaufenden Nerven scheinen Ausläufer über die Knochen hin zu schicken, welche sich in Punktketten darstellen. Nach der Mittellinie der Knochen zu werden die Druckpunkte immer seltener, und es entstehen punktfreie Räume, welche im Vergleich zu der Dichtigkeit der Druckpunkte und der Kleinheit der von den Punktketten umschlossenen regulären freien Räume eine auffallende Ausdehnung besitzen. Aehnliche Verhältnisse zeigen die Abbildungen von der Brust und vom Fussrücken. Es geht auch die Ortsempfindlichkeit hiermit Hand in Hand. Ich habe die locale Unterschiedsempfindlichkeit auf den Mittelhandknochen stumpfer gefunden als in den Zwischenknochenräumen; ebenso auf den Rippen stumpfer als in den Zwischenrippenräumen. Entsprechend verhalten sich andere nervenarme Theile, wie die Haut über den Malleolen, dem Processus styloideus radii, dem Olecranon.

Die Dichtigkeit der Druckpunkte schreitet im Allgemeinen vom Rumpf gegen die Enden der Gliedmaassen vor und es documentirt sich damit für die bekannte in derselben Weise verlaufende Zunahme des Ortssinnes ein anatomisches Substrat. Nicht auf blosser phylogenetischer Uebung beruht dieses Vierordt'sche Gesetz, dass mit dem Abstand von der Drehungsaxe der Ortssinn wächst, sondern auf organischer Entwickelung wirklich vorhandener nervöser Gebilde. Es ist verständlich, dass der Ortssinn mit der Dichtigkeit der Druckpunkte in unmittelbaren

[1]) Vergl. zum Folgenden Tafel IV.

Beziehungen stehen muss. Wo die letzteren in geringerer Zahl vertreten sind, ist auch die Entfernung zwischen ihnen und speciell auch zwischen den Punktketten grösser und deshalb ein grösserer Abstand der Zirkelspitzen erforderlich, um die Enden zweier verschiedener Nervenfasern zu treffen. Wenn wir den mittleren Ortssinn der Druckpunkte bestimmt hätten, so würde dieser wahrscheinlich ziemlich genau dem topographischen Verhältniss der Dichtigkeit der Druckpunkte entsprechen — bis auf die Abweichungen, welche durch die topographisch verschiedene Empfindlichkeit der Druckpunkte selbst bedingt sein würden. Es ist jedoch nicht der mittlere, sondern der beste Ortssinnes-Werth, aus bereits erörterten Gründen, bestimmt worden. Dies Moment ist bei der Vergleichung der gegebenen Ortssinntabelle mit der topographischen Häufigkeit der Druckpunkte zu beachten. — Es ist hier der Ort, auf die Beziehungen des tactilen Ortssinnes zum Temperaturortssinn hinzuweisen. Die Minimalwerte des letzteren zeigten sich nach der früher gegebenen Tabelle viel grösser als die für den Ortssinn der Druckpunkte gefundenen. Als Grund dafür hat sich jetzt die grössere Dichtigkeit der Druckpunkte ergeben. An Körperstellen, wo die Zahl der Temperaturpunkte eine im Verhältniss zu den Druckpunkten hervorragende ist, wie z. B. Rücken, zeigt sich auch der Temperaturortssinn, speciell der Kälteortssinn dementsprechend in seinem Verhältniss zum Druckpunktsortssinn.

Wenn man in analoger Weise wie bei dem Temperatursinn kleine Flächenreize unmittelbar neben einander auf eine Hautregion applicirt, so kann man ähnlich wie dort einen localen Wechsel der Druckempfindlichkeit constatiren.[1]) Es wird sich dabei diejenige Ungleichmässigkeit in der Vertheilung der Drucknerven, welche sich von dem Typus der Anordnung als solchem herleitet, weniger gegenüber Flächenreizen geltend machen, weil die punktfreien Räume im Allgemeinen viel kleiner sind als bei den Temperaturpunkten. Dennoch sind die Unterschiede der Innervation gross genug, um sich kleinen Flächenreizen gegenüber bemerkbar zu machen. Ich pflege dabei kleine Korkcylinder zu benutzen, welche ich mit der auch sonst benutzten Spiralfeder in Verbindung bringe und welche beim Aufsetzen auf die Haut annähernd nur durch ihr eigenes Gewicht wirken. Die Cylinder wurden mit einer Grundfläche von 3 mm Durchmesser gewählt. Man fühlt nun eine solche Berührung überall, aber an manchen Stellen lebhaft, an anderen dumpf; eigentlich anästhetische Stellen sind sehr selten. Vergleicht man die solchergestalt gewonnenen Aufnahmen mit vorher angefertigten Aufnahmen der Druckpunkte derselben Gegend, so finden sich gewöhnlich den starken, deutlichen Feldern entsprechend dichter stehende

[1]) Vgl. hierzu die Abbildung 13c, Taf. II.

Ketten von Punkten mit Anhäufungen hier und da, den Lücken entsprechend seltenere Punktketten oder inselförmige Localisation der Punkte an den Haaren, dazu häufig dumpferes Gefühl der einzelnen Punkte selbst — selten völliges Fehlen der Druckpunkte. — Für die anatomische Realität dieser Drucksinnaufnahmen führe ich nur Folgendes an: Macht man an einem correct auf die Haut aufgezeichneten Bilde des Drucksinnes die Controle in der Art, dass man die Augen abwendet und ein Gehilfe den Korkcylinder aufsetzt, so kann man nach jedem Aufsetzen genau angeben, ob ein deutliches Drucksinnfeld oder eine Lücke getroffen ist — ein untrüglicher Beweis, dass kein anderer Umstand als Grund für die Gestaltung des Bildes in Frage kommen kann als die unveränderliche anatomische Anordnung der Drucknerven selbst. Man mag ferner das Bild noch so lange auf der Haut aufgezeichnet erhalten — ich liess es bei einem Versuch 2 Wochen lang —, man wird stets die Verhältnisse der Empfindlichkeit unverändert finden. — Die auf solche Weise gewonnenen Abbildungen zeigen, wie an manchen Stellen die Drucksinnesfläche doch einem erheblichen localen Wechsel unterliegt. Der Unterschied der deutlichen und dumpfen Felder erstreckt sich dabei — wie sich erwarten liess — nicht blos auf die zunächst geprüfte Reizbarkeit gegenüber schwächsten Reizen, sondern auch auf stärkere Druckreize.

Bei den von gleichen Gebieten vergleichsweise gemachten topographischen Aufnahmen des Drucksinnes und Temperatursinnes wurde beobachtet, dass die Lücken des ersteren zum Theil mit solchen des letzteren zusammenfallen, zum Theil aber auch auf stark empfindliche Felder des letzteren treffen. Beim ersteren Falle könnte man wieder geneigt sein, anzunehmen, dass es sich um Eintrittstellen von Nervenstämmchen handele, welche aus Druck- und Temperaturnerven gemischt seien. Jedoch konnte auch hier eine derartige Bedeutung der gemeinschaftlichen Lücken nicht nachgewiesen werden. Der an solchen Lücken applicirte inducirte Strom zeigte nie die Anwesenheit eines Nervenstammes, und ein Ausstrahlen der Punkte von hier aus konnte ebenfalls nicht wahrgenommen werden. Vielmehr gestaltete sich die Lage der Punkte so, dass sie die kleineren Lücken umschlossen, ihre Peripherie bildeten, also durch den Typus der Anordnung als solchen die Lücke producirten. Wenn dies für einen Theil der Lücken gilt, so sind andere und zugleich meist grössere veranlasst durch Innervationsdefecte, entsprechen also den Interstitien zwischen mehreren Nervenausbreitungsgebieten.

Wie einfach auch die topographische Aufnahme des Drucksinnes ist, so sind doch auch bei ihr gewisse Cautelen nothwendig. Die Erreg-

barkeit wird durch das wiederholte Beklopfen ebenfalls herabgesetzt, wie bei dem Aufsuchen der Punkte, und es ist nicht möglich, ein und dasselbe Gebiet längere Zeit zu untersuchen. Ausser der Herabsetzung der Erregbarkeit lässt sich zuweilen noch eine andere Erscheinung beobachten, nämlich eine Steigerung der Erregbarkeit. Man ist erstaunt wahrzunehmen, wie die vorher als undeutliche Felder erkannten und bezeichneten Stellen jetzt beim leisesten Berühren mit dem Korkcylinder ein schwirrendes Gefühl geben — was natürlich die Fortsetzung der Untersuchung unmöglich macht. Anscheinend ist hier eine allgemeine Hyperästhesie des Bezirkes hervorgerufen, welche analog ist der Hyperästhesie, wie man sie beim „Eingeschlafensein“ eines Gliedes beobachten kann, auch hier bringt jede Berührung ein schwirrendes, stechendes Gefühl hervor. Erkennt man diese Hyperästhesie nicht als solche, so können in der topographischen Aufzeichnung grosse Fehler entstehen. — Diese Umstände bringen es mit sich, dass die topographische Aufnahme des Drucksinnes eine grosse Zahl von Sitzungen in Anspruch nimmt. Sie ist erst dann als correct zu betrachten, wenn die Controle bei abgewandten Augen durch eine andere Person stattgefunden hat. Ich habe demgemäss bei bekleideten Körperstellen stets etwa 3—5 Tage auf die Herstellung des Bildes und seine Controle verwandt, indem ich es mit Bismarckbraun aufzeichnete, welches sich eine Reihe von Tagen gut erhält.

Den regionären Nervenreichthum an Gefühls- und Drucknerven überhaupt können wir im Grossen und Ganzen messen an der Kitzel- und Schmerzempfindlichkeit. Denn da für diese beiden nach den oben entwickelten Anschauungen beide Arten der sensiblen Nerven in Betracht kommen, sowohl die Gefühls- wie die Drucknerven, so werden dieselben auch stärker ausgebildet sein, wo diese Summe von sensiblen Nerven reicher vertreten ist. Dass zwar für die Kitzelempfindlichkeit Abweichungen an einzelnen Körperregionen — durch ihre Beziehung zur Druckempfindlichkeit — vorliegen müssen, geht aus der oben entwickelten Ansicht über dieselbe hervor. Verfolgt man nun diese Emfindungsqualität in Bezug auf ihr regionäres Verhalten am Körper gegenüber zarten Berührungsreizen und ebenso die Schmerzempfindlichkeit mittelst des faradischen Pinsels bei gleicher Stromstärke, so zeigt sich, dass die Ausbildung derselben im Grossen und Ganzen mit einander Schritt hält und dass sie von einzelnen interessanten Körperregionen, wo man genau den Verbreitungsbezirk eines Nervenstammes abgrenzen kann gegen die nervenärmere Umgebung, sich in Uebereinstimmung zeigt mit dem Nervenreichthum der Region. Weiterhin ergiebt sich, dass diese regionäre Ausbildung bis auf wenige Ausnahmen

Hand in Hand geht mit derjenigen des Temperatursinnes. Man wird dort, wo die Temperaturempfindlichkeit zunimmt, im Allgemeinen auch ein Zunehmen der Kitzel- und besonders der Schmerzempfindlichkeit constatiren können. Auch die Druckempfindlichkeit zeigt sich in ihren regionären Schattirungen deutlich bestimmt durch die Grenzen der anatomischen Nerventerritorien. Es stellen sich somit die den verschiedenen Qualitäten dienenden Nervenarten in ein natürliches und durchsichtiges Verhältniss zu einander. Sie betheiligen sich in gemeinschaftlichem Verbande an der Innervation der Haut, gemeinsam zunehmend und abnehmend, die Temperaturnerven mit den sensiblen Hand in Hand gehend und unter ihnen wieder Kälte- und Wärmenerven in einem bestimmten, ziemlich constanten Verhältniss. Daneben aber besteht gleichzeitig eine deutliche Reciprocität der specifischen Temperaturnerven gegenüber den specifischen Drucknerven. Beide Factoren, die gleichmässige Betheiligung an der Innervationsgrösse einerseits und die Reciprocität der Druck- und Temperaturnerven andererseits, gestalten in ihrer gegenseitigen Durchwirkung die regionäre Ausbildung der Hautsinnesfläche nach ihren verschiedenen Empfindungsqualitäten.

Erklärung der Abbildungen.*)

(Tafel I—IV.)

Tafel I.

Figg. 1—4 sollen den Typus der Anordnung der Temperaturpunkte und ihr Verhältniss zu den Haaren zeigen. Die Abkürzung KP bedeutet Kältepunkte, welche übrigens durchweg blau, WP Wärmepunkte, welche roth bezeichnet sind. Die Pfeile zeigen die Richtung der Haare an. Die Herstellung der Vergleichsbilder geschah derart, dass die Circumferenz einer Hautstelle durch Anilinfarbe fixirt und dieselbe nun an verschiedenen Tagen einmal auf Kältepunkte, weiter auf Wärmepunkte untersucht wurde. In den Figuren mit der Ueberschrift „Haare" bedeuten die Punkte diejenigen Stellen, wo die Haare an der Hautoberfläche zu Tage treten. Die Hautstellen wurden stets vorher rasirt.

Fig. 1 ist von einer nicht besonders reich mit Punkten versehenen Stelle entnommen, weshalb die Anordnung hier deutlicher hervortritt. Radiale Hälfte der Dorsalfläche des Handgelenks.

Fig. 2. Dorsalfläche des Vorderarms.

Fig. 3. Radialfläche des Vorderarms.

Fig. 4. Innere Fläche des Unterschenkels.

Fig. 5 stellt einen einseitig kälteempfindlichen Bezirk von der Dorsalfläche des Vorderarms dar. Die Stelle enthält eine Gruppe von Kältepunkten, ohne einen einzigen Wärmepunkt.

Figg. 6—9 sind ältere, schon in meiner ersten Publication abgebildete Zeichnungen. Die nicht ganz regelmässigen Contouren erklären sich naturgemäss aus den Verschiebungen der Haut.

Fig. 6. Eine ca. 4 □cm grosse Stelle vom Handrücken.

Fig. 7. Hohlhandwulst zwischen Zeige- und Mittelfinger. Die unten angrenzenden Linien sind die Furchen der Hohlhand.

Fig. 8. Volarfläche des Nagelgliedes des Zeigefingers, bis zu den Seitenrändern des Nagels. Die Zeichnung ist nicht perspectivisch aufgenommen, sondern auf eine ebene Fläche abgewickelt.

Fig. 9. Mitte der Stirn. — Von mir bei einer anderen Person aufgenommen.

Fig. 10. Kälte- und Wärmesinntopographie von der mittleren Region des Handrückens.

Tafel II.

Lichtdruckbilder von photographischen Platten. — Die photographischen Aufnahmen wurden zu dem Zwecke gemacht, um eine absolut correcte Uebertragung der

*) Von den dem Original beigegebenen Abbildungen sind im Abdruck viele weggelassen worden.

auf die Haut aufgezeichneten Bilder zu gewinnen. Es wurden deshalb die letzteren auch mit besonderer Sorgfalt hergestellt. Bei den Punktaufnahmen wurden von der umzeichneten Stelle zunächst die Kältepunkte 3 bis 5 Tage hindurch bestimmt, durch immer erneutes Aufsuchen vervollständigt, geprüft und corrigirt, sodann photographirt und gelöscht; in derselben Weise folgten dann die Wärmepunkte. Die Punkte wurden mit Anilinfarben eingezeichnet und unmittelbar vor der photographischen Aufnahme geschwärzt. Dass die Bilder nicht von einer idealen Schärfe sind, liegt daran, dass durch das vielfache Corrigiren und die langdauernde Imprägnation der Farben theils die Punkte hier und da etwas verwischt erschienen, theils die Haut vielfach ein leicht gefärbtes Colorit annahm. Bei den topographischen Aufnahmen wurde entsprechend verfahren.

Fig. 11. Beugefläche des Vorderarms.

a) Kältepunkte, *b*) Wärmepunkte. — Die fünf Punkte neben dem Bilde dienen zur Orientirung.

Fig. 12. Beugefläche des Oberarms. Kältepunkte.

Fig. 13. Topographische Aufnahmen des Kälte-, Wärme- nnd Drucksinnes von einer und derselben Stelle der Beugefläche des Vorderarms, gewonnen mittelst Prüfung durch kleine Reizflächen (vergl. S. 159f. und S. 212ff.) Die dunklen Stellen sind die stark empfindlichen, die schraffirten die mittelmässig, die punktirten die schwach und die leeren Stellen die gar nicht empfindlichen. Auf die Herstellung jedes Bildes wurden ca. 5 Tage verwandt. Näheres über die Herstellungsart s. S. 159f. a) Kältesinn, b) Wärmesinn, c) Drucksinn.

Tafel III.

Topographie der Druckpunkte.

Figg. 14—17 sollen den Typus der Anordnung der Druckpunkte und ihr Verhältniss zu den Haaren zeigen. Die Insertionsstellen der letzteren sind hier innerhalb der Figur als fette Punkte bezeichnet. Die Pfeile geben die Richtung der Haare an. Die Hautstellen wurden vor der Prüfung rasirt.

Fig. 14. Dorsalfläche des Vorderarms.

Fig. 15 und 16. Beugefläche des Vorderarms.

Fig. 17. Radiale Fläche des Handgelenks.

Fig. 18. Druckpunkte von einer Stelle der Dorsalfläche des Vorderarms, von welcher später die Oberhaut durch Collodium cantharidatum entfernt wurde.

a) Punkte bei erhaltener Oberhaut.

b) Punkte nach entfernter Oberhaut.

Die folgenden Figuren sollen ein Bild von den topographischen Verschiedenheiten der Druckpunkte geben.

Fig. 19. Mitte der Beugefläche des Vorderarms.

Fig. 20. Mitte der Dorsalfläche des Vorderarms.

Fig. 21. Radiale Fläche des Vorderarms, Gegend des Proc. styloideus radii.

Fig. 22. Beugefläche des Oberarms, unteres Drittel.

Fig. 23. Handrücken, Gegend des IV. Metacarpalknochens.

Fig. 24. Vordere Fläche des Oberschenkels, oberes Drittel.

Fig. 25. Vordere Fläche des Oberschenkels, dicht über dem Knie.

Fig. 26. Fussrücken, Gegend des 1. Metatarsalknochens.

Fig. 27. Mitte der Fusssohle.

Fig. 28. Haut des Jochbogens.

Tafel IV.

Topographie der Druckpunkte.

Fig. 29. Eine ausrasirte Stelle von der Kopfschwarte des Hinterkopfes. Hier sind links wieder die Insertionspunkte der Haare angegeben, um an dieser dichtbehaarten Region das Verhältniss jener zu den Druckpunkten anschaulich zu machen.

Fig. 30. Nacken.

Fig. 31. Rücken.

Fig. 32. Vordere Fläche der Brust, Gegend des I. und II. Intercostalraums.

Figg. 33 und **34** stellen die topographische Verbreitung des Temperatursinnes an der vorderen Fläche des Oberschenkels dar (s. S. 173). Diejenigen Stellen, welche ein ausgeprägtes Kälte- bez. Wärmegefühl zu geben im Stande sind, sind schraffirt dargestellt. Bei Fig. 33 ist ein schwaches, undeutliches Kältegefühl auch in den freien Stellen meist fühlbar. Bei Fig. 34 dagegen sind diese schwach empfindenden Stellen punktirt, die freien Stellen demnach völlig anästhetisch. An den Partieen, wo die Prüfung auf die innere und äussere Seite übergriff, sind die Signaturen über die Contouren hinaus unperspectivisch aufgetragen. Die Punkte *a* bis *d* bezeichnen den Ort, wo die entsprechenden sensiblen Nervenstämme durch die Fascie treten, und wurden mittelst des inducirten Stromes bestimmt.

8.

Histologische Untersuchungen über die Endigungsweise der Hautsinnesnerven beim Menschen.

Archiv für Anatomie und Physiologie 1886. Physiologische Abtheilung. Suppl.-Bd.*)

Lückenhaftigkeit der Kenntnisse über die Endigungen der Hautsinnesnerven.

So vielfältig das Studium der empfindenden Hautnerven und ihrer Endigungen von den berufensten Forschern betrieben worden ist, so bietet dieses spröde Gebiet doch in gewissem Sinne eine grössere histologische Lückenhaftigkeit dar als die anderen Sinnesorgane. Bei letzteren nämlich wissen wir die Endigungen der Nerven mit Apparaten verknüpft, und wenn auch der continuirliche Zusammenhang dieser mit jenen nicht gerade *ad oculos* zu demonstriren ist, so ist dieser doch nach allen Gründen der Vernunft so über jeden Zweifel erhaben, dass wir das befriedigende Bewusstsein geniessen, den Nerven gewissermaassen bis zur Schwelle des materiellen Reizes zu verfolgen, das äusserste Bindeglied zwischen dem inneren perceptiven Menschen und der Aussenwelt nachweisen zu können. So weit sind wir aber bei dem Hautsinnesorgan nicht. Wir wissen im Grunde nur, dass dasselbe einen grossen Reichthum von Nerven enthält. In welcher Weise dieselben jedoch zur Aufnahme der so verschiedenen Reize zugerüstet sind, ob überhaupt bei ihnen eine Anpassung an adäquate Reize vorhanden ist, ob dem nervösen Substrat durch irgend eine Vorrichtung elective Fähigkeiten gegenüber den differenten materiellen Bewegungen der Aussenwelt zukommen, — hierüber kann man nicht einmal mit irgend einem guten Rechte Vermuthungen aufstellen. Ich will hervorheben, dass ich hierbei lediglich an die menschliche Haut denke.

---

*) Die im Original beigegebenen Tafeln sind im Abdruck weggelassen worden.

Die sogenannten „Tastkörperchen“ allerdings stehen zweifellos zum Tastsinn in Beziehung und bilden Endapparate der Tastnerven; jedoch kommt ihnen weniger eine allgemeine Relation zu dieser Empfindungsqualität überhaupt, als vielmehr eine locale oder besser regionäre Bedeutung zu — wie ich unten zu beweisen hoffe.

Schwierigkeit der Forschung bei der Haut in Folge von räumlicher Vermischung der Nerven verschiedener Qualitäten.

Was die Forschung bei der Haut schwierig macht, ist die räumliche Vermischung der verschiedenen Empfindungsqualitäten. Ehe die Lehre von der specifischen Energie der Sinnesnerven die Anschauungen beherrschte, machte sich dieses Moment nicht geltend. Man war mit der Vorstellung befriedigt, dass eben die Haut in ihrer ganzen Flächenausdehnung mit „sensiblen“ Nerven versehen sei, welche jeden materiellen Reiz in seiner Eigenart dem Sensorium zuführten. Später jedoch, als jenes erleuchtende Gesetz gefunden war, schädigte das complicative Verhältniss der räumlichen Vermischung das Verständniss und die Forschung ungemein. Es hatte nämlich zur Folge, dass die histologisch nachgewiesenen Nervenendigungen oder allgemeiner: die histologischen Observate bezüglich der Hautnerven einer physiologischen Interpretation in dem von uns geforderten und hier dargestellten Sinne nicht unterzogen werden konnten. Denn die physiologische Interpretation hatte jetzt den Anschauungen von den specifischen Energieen Rechnung zu tragen und musste darauf bedacht sein, den anatomischen Befunden Merkmale abzugewinnen, welche eine Classificirung derselben gemäss den Empfindungsqualitäten erlaubten. Da man aber an jeder noch so kleinen Stelle der Haut, *quasi* an jedem Punkte derselben die verschiedenen Qualitäten vertreten glaubte, so waren für die Interpretation keine exacten Anhaltspunkte gegeben und die Classificirung musste nothwendig, wenn sie überhaupt versucht wurde, etwas Willkürliches haben. Als man an der Haut gewisser Thiere und auch an menschlicher Haut gefunden hatte, dass manche Nervenenden mit Zellen oder zelligen Gebilden in eine Art von Verbindung traten, andere frei auszulaufen schienen, wurde dieser Unterschied als ein maassgebendes Moment für die physiologische Auslegung aufgefasst. Merkel vermuthete, dass die cellulären Endigungen den Tastnerven, die freien den Temperaturnerven entsprechen möchten. Waldeyer, Grünhagen schoben die freien Endigungen dem Gemeingefühl, die cellulären den objectivirten Gefühlen, also denen des Druckes und der Temperatur, zu. Letztere Eintheilung muss, an sich betrachtet, als eine sehr rationelle erscheinen,

denn sie fasst die Druck- und Temperaturnerven als echte Sinnesnerven auf und sucht mit vollem Recht dieselben bezüglich ihres anatomischen Charakters mit den Sinnesnerven in Analogie zu setzen. Jedoch liegt der Mangel an exacten Anhaltspunkten auch hier auf der Hand, und es möchte auch zweifelhaft sein, ob dieser Unterschied zwischen objectivirten und sogenannten Gemeingefühlen nicht vielleicht rein psychischer Natur ist; wenigstens ist es ganz sicher, dass z. B. derselbe Drucknerv, welcher uns eine objective Druck- und Ortsempfindung giebt, auch Schmerz leiten kann. Wie verschiedener Meinung man bei der freien Wahl der Erklärungen sein konnte, geht daraus hervor, dass E. H. Weber (auch Lotze) gerade die Tastkörperchen, als Bläschen aufgefasst, für besonders geeignet zum Uebertragen der Temperaturreize auf die Nerven hielt.

Vortheile der Forschung bei anderen Sinnesorganen in Folge mehr isolirter Localisation der Qualitäten.

Betrachten wir nun dagegen, welche Vortheile die anderen Sinnesorgane der Forschung nach den Nervenendigungen gewähren, so finden wir, dass wir bei denselben mit einer grossen Sicherheit die Beziehung zwischen Nervenende bezw. Endapparat und Empfindung herstellen können, — und zwar auf Grund zweier verschiedener Methoden der Schlussfolgerung. Bei der einen Kategorie nämlich ist in loco nur überhaupt eine Empfindung vorhanden — Netzhaut, Schnecke; bei der anderen wiegt eine Qualität so vor, welche zugleich nirgends anderswo localisirt ist, dass der Befund in absolut berechtigter Weise auf sie bezogen werden kann. Dieses letztere Verhältniss besteht bei Geruch und Geschmack. Es wird Niemand auch nur vermuthungsweise die Geschmacksknospen mit den Gefühlsnerven in Verbindung bringen wollen, obwohl die Zungen und speciell die Papillen auch an letzteren sehr reich sind. — In einer ähnlichen Lage sind wir gegenüber den Tastkörperchen, und wir haben sie demnach in Anwendung desselben Raisonnements sehr richtig in Beziehungen zum Tastsinn gesetzt, welcher ja ungefähr dort am meisten vorherrscht, wo sich diese Gebilde finden. Allein dies ist auch das einzige Beispiel, wo wir bei der Haut in der Lage gewesen sind, die eine oder die andere Schlussfolgerung anwenden zu können. Wir gewinnen daraus die Einsicht, dass ein Fortschritt hier nur zu machen ist, sobald es gelingt, die Bedingungen der einen oder der anderen Kategorie von Sinnesorganen auch für die Haut herzustellen.

Bedeutung der Kälte-, Wärme- und Druckpunkte für die histologische Untersuchung.

Eine Aussicht hierzu wurde nun geboten durch die in neuerer Zeit erworbenen Kenntnisse über die Localisation der Empfindungen in specifischen Punkten. Aus dem früheren „Mit- und Durcheinander" der fraglichen Nerven ist jetzt ein „Nebeneinander" geworden. Zugleich hat das Studium der topographischen localen und regionären Verbreitung der Sinnesqualitäten ergeben, dass hier die eine, dort die andere vorherrscht, ja dass an manchen Stellen die eine und andere ganz fehlt.[1]) Es bot sich somit der Weg, die Bedingungen der zweiten Kategorie herzustellen: die Befunde zu vergleichen bei sehr temperaturempfindlichen und gänzlich temperaturunempfindlichen Stellen, bei Stellen von grosser Kälte-, geringer bez. fehlender Wärmeempfindlichkeit und solchen von grosser Wärmeempfindlichkeit, bei Stellen von starker Temperatur-, schwacher Druckempfindlichkeit und solcher von hervorragender Druck-, schwacher Temperaturempfindlichkeit u. s. w. Allein abgesehen, dass eine solche Methode an und für sich dem Subjectivismus unter Umständen zu viel Raum giebt, so ist bei den delicaten Verhältnissen der Hautnervenhistologie ein Erfolg von ihr sicherlich nicht zu erwarten. Das Ideale wäre daher, die Bedingungen der ersten Kategorie herzustellen, d. h. die Localisationspunkte der verschiedenen Empfindungsqualitäten für sich isolirt zu untersuchen. Aber dies wird immer nur ein Ideal bleiben müssen, denn auch diese Localisationspunkte (Kälte-, Wärme-, Druckpunkte) haben in ihrer unmittelbaren Umgebung andere Gefühlsqualitäten, andere Nerven, so dass eine absolute Isolirung nicht ausführbar ist. Mein Streben ging nun dahin, diesem Ideal möglichst nahe zu kommen und so griff ich zu einer Methode, welche gewissermaassen ein Mittelding zwischen den besprochenen Methoden 1 und 2 ist, nämlich zur Exstirpation kleinster Stückchen der eigenen Haut, welche nur gerade eben einen Kälte-, Wärme- oder Druckpunkt enthielten.

Ein anderer Weg war in der That nicht denkbar, und dieser Umstand möge das Seltsame des Verfahrens rechtfertigen. Dass bei der Verwerthung der discontinuirlich angeordneten Sinnespunkte für die Histologie nur lebende menschliche Haut in Frage kommen konnte, liegt auf der Hand. Material von Operationen zu entnehmen, etwa in in der Art, dass vor der Ablation der betreffenden Haut Temperatur- oder Druckpunkte irgendwie bezeichnet oder tättowirt würden, dürfte

[1]) Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven. S. 168ff.

der Natur der Sache nach ein ebenso unsicheres wie Anstoss erregendes Verfahren sein. Zudem kann überhaupt auf diesem Gebiete nichts mit der Selbstbeobachtung rivalisiren.

Recapitulation der hier in Betracht kommenden Thatsachen bezüglich der Sinnespunkte.

Ehe ich nun die Methode der Untersuchung schildere, ist es nöthig, kurz die hier in Betracht kommenden Thatsachen bezüglich der Sinnespunkte zu recapituliren.

Die Kälte- und Wärmepunkte sowohl wie die Druckpunkte reihen sich zu lineären Ketten an einander, welche meist leicht gekrümmt verlaufen und welche von gewissen Punkten der Haut radien- oder büschelartig nach verschiedenen Richtungen hin ausstrahlen. Die Ausstrahlungspunkte fallen vorwiegend mit den Insertionen der Härchen zusammen, während der Verlauf der Punktketten hauptsächlich zwei Richtungen zeigt, nämlich die eine parallel der Ebene der Haare, die andere senkrecht zu derselben. Die Kälte- und Wärmepunkte können Druck- und Schmerzreize als solche nicht zur Empfindung bringen, werden sie dadurch erregt, so antworten sie mit Temperaturempfindung. Auf der zwischen den Druckpunkten gelegenen Haut werden Druck- und Schmerzreize ebenfalls, jedoch viel schwächer als an den Druckpunkten, wahrgenommen; Nadelstiche erzeugen auf ihr einen vorübergehenden, an den Druckpunkten einen während der ganzen Zeit der Reizung anhaltenden Schmerz.

Methode der Untersuchung.

Die zu exstirpirenden Punkte entnahm ich gewöhnlich von meinem linken Unterarm. Es wurden je in einer Sitzung nur 1—2 Punkte entnommen, und zwar von gleicher Qualität, also entweder Kälte- oder Wärme- oder Druckpunkte. Die ersteren wurden mit dem zugespitzten kalten oder warmen Metallcylinder aufgesucht, die Druckpunkte mit der an einer Spirale befestigten Nadel. Die Bezeichnung geschah mittelst eines feinen Farbenpunktes. Waren in dieser Weise etwa sechs einzelne Punkte bestimmt, so wurde eine Pause gemacht und nach etwa einer Viertelstunde noch einmal geprüft, ob die Farbenpunkte genau die richtige Stelle getroffen hatten, und wurden event. Correcturen vorgenommen. Sodann wurden die bezeichneten Punkte darauf hin untersucht, ob nicht in der unmittelbaren Nachbarschaft derselben Punkte anderer Qualitäten lägen, also z. B. bei einem Kältepunkte, ob nicht ein

Wärme- oder Druckpunkt unmittelbar angrenzte. War dies der Fall, so wurde der Punkt gelöscht. Auf diese Weise verminderte sich die Zahl der zur Verfügung stehenden Punkte; letztere entsprachen dann aber der Bedingung, dass rings um sie herum nur jene matte Druckempfindlichkeit vorhanden war, wie sie der punktfreien Haut zu eigen ist. Jetzt wurde eine fein gespitzte Nadel senkrecht auf den Farbenpunkt aufgesetzt und in alternirendem Heben und Wiederaufsetzen über denselben hin und herumgeführt. Bei den Temperaturpunkten gelangte ich auf diese Weise zu einer bestimmten Nadelstellung, bei welcher ein Gefühl des Druckes nicht mehr auftrat; sobald dies der Fall war, wurde die Nadel etwas tiefer eingedrückt, wobei ein feines Kälte- bezw. Wärmegefühl wahrgenommen wurde, und sodann mittelst leichter Drehungen ein wenig in die Oberhaut eingebohrt — wobei kein Schmerz entstand. Waren diese charakteristischen Erscheinungen nicht vorhanden, wurde Druck und Schmerz vom Temperaturpunkt gefühlt, so wurde von der Exstirpation Abstand genommen und der Farbenpunkt gelöscht. — Bei den Druckpunkten ergab sich während des Tastens mit der senkrecht aufgesetzten Nadel eine Stellung derselben, bei welcher die deutlichste Druckempfindung wahrgenommen wurde und bei welcher der tiefere Druck den charakteristischen, quetschenden, anhaltenden Schmerz erzeugte. Das Einbohren der Nadel wurde jedoch bei den Druckpunkten fast stets unterlassen, weil die maximale Druckempfindlichkeit gewöhnlich eine breitere Ausdehnung hat, als der Nadelspitze entsprechen würde, so dass eine den Temperaturpunkten analoge scharfe Bestimmung mehr oder weniger willkürlich sein würde.

Sofort nach dieser Manipulation wurde zur Exstirpation geschritten. Eine feine krumme Nadel wurde hart an dem Farbenpunkt eingestochen, in geringer Tiefe unter demselben hindurchgeführt und auf der entgegengesetzten Seite des Punktes dicht an dem Rande desselben ausgestochen, so dass der Farbenpunkt selbst gerade mitten auf der Nadel sich befand. Sodann wurde das stumpfe Ende der Nadel von einem Gehilfen gefasst und letztere leicht angehoben, derart, dass die auf der Nadel ruhende Hautbrücke eine kleine Erhebung bildete. Jetzt setzte ich ein gebauchtes und mit einem leichten Oelhauch versehenes Scalpell in den von Nadel und Hautoberfläche gebildeten spitzen Winkel ein, die Schneide dem stumpfen Ende der Nadel zugekehrt, damit ein Herausgleiten der Nadelspitze vermieden würde, und führte dasselbe sägend mit nahezu flach gehaltener Schneide unmittelbar an der unteren convexen Fläche der Nadel durch die Haut hindurch. Bei gut gelungener Exstirpation konnte dann das Hautstückchen, welches durch einige Fasern immer noch in enger Verbindung mit der Nadel zu bleiben

pflegt, an letzterer einfach herausgehoben werden. Zuweilen aber schnitt das Messer auf der einen Seite der Nadel früher durch als auf der anderen; in diesem Falle wurde das Hauptstück mittelst einer Irispincette angehoben und die noch bestehende Verbindung durchtrennt.

Anfänglich begnügte ich mich hiermit. Später aber vervollkommnete ich den Modus, um eine rationellere Bestimmung der Schnittrichtung zu ermöglichen, in welcher die behufs mikroskopischer Untersuchung anzufertigenden Schnitte gelegt werden sollten. Ich hatte nämlich die Vorstellung, dass die Ketten der Sinnespunkte der longitudinalen Ausbreitung der Nervenfasern entsprechen möchten, und es ergab sich daraus das Streben, die mikroskopischen Schnitte parallel diesen Punktketten anzulegen, um so möglichst Längsschnitte der Nervenfasern zu bekommen. Zu diesem Zwecke bestimmte ich nun nicht mehr vereinzelte Sinnespunkte auf der Hautoberfläche, sondern eine Kette derselben und wählte nach den oben dargestellten Grundsätzen einen Punkt dieser Kette zur Exstirpation aus. Die Nadel wurde so eingeführt, dass sie zur Verlaufsrichtung der Kette senkrecht stand; letztere zieht also quer über dieselbe hinweg, während der zu exstirpirende Farbenpunkt sich gerade auf der Nadel befindet. Es muss nun bemerkt werden, dass diejenige Seite des Hautstückchens, auf welcher das Messer eingesetzt wird, einen geradlinigen Schnittrand zeigt, während derselbe auf der entgegengesetzten, wo das Messer ausgeführt wird, mehr oder weniger gekrümmt ist. Es folgt dies mit Nothwendigkeit aus der Art des Schneidens, und es ist sehr leicht, wenn man es darauf anlegt, diesen Gegensatz mit noch grösserer Schärfe hervortreten zu lassen. Wird nun bei der vorbemerkten Lage der Nadel das Messer wieder in den spitzen Winkel eingesetzt und so durch die Haut geführt, so liegt der gerade Schnittrand, welcher dem Einsetzen entspricht, parallel zur Verlaufsrichtung der Punktkette. Demgemäss brauchen die weiteren Schnitte nur parallel diesem geraden Schnittrand gelegt zu werden.

Die durch die Exstirpation veranlassten Sensationen scheinen mir der Mittheilung werth zu sein. Es wurde im Allgemeinen durch den Schnitt bei den Temperaturpunkten ein minimaler, bei den Druckpunkten ein erheblicherer Schmerz hervorgerufen. Das Einsetzen der Schneide und Einführen in die punktfreie Haut war von einem leicht schneidenden, kaum schmerzhaft zu nennenden Gefühl begleitet. Bei den Temperaturpunkten trat oft während der ganzen Schnittführung nur dieses Gefühl hervor, in anderen Fällen wurde es in der Tiefe etwas schmerzhafter. Von grossem Interesse war mir nun die oft gemachte Wahrnehmung — welche ich mich fast scheue mitzutheilen, da der Vorwurf der Phantasterei leichter gemacht, als der Versuch nachgeprüft ist —

dass in einem bestimmten Moment des Durchschneidens eine Temperaturempfindung entstand, und zwar wurde sowohl ein aufblitzendes Kältegefühl wie ein intensives Hitzegefühl beobachtet. Bei den Druckpunkten ging das zuerst matte schneidende Gefühl beim Vordringen des Messers bald in ein merkliches, oft recht intensives Schmerzgefühl über; in einem bestimmten Momente war dasselbe völlig erloschen und die Beendigung des Schnittes erfolgte fast ohne Schmerz. — Dass diese Sensationen, das Temperatur- und das starke Schmerzgefühl, durch das Trennen der zu den betreffenden Sinnespunkten eilenden Nerven, also der Temperatur- bezw. der Drucknerven zu erklären ist, darüber dürfte kein Zweifel sein.

Die exstirpirten Hautstückchen waren von kegelförmiger Gestalt, derart, dass die Basis des Kegels die Oberhaut bildet, während die Spitze desselben bis zu den tiefsten Cutisschichten verläuft. Die Grösse derselben betrug meist 1 bis 1·2 mm in der Länge, 0·5 bis 0·7 mm in der Breite, 1 bis 1·3 mm in der Dicke.

Nach vollendeter Exstirpation wurde das Stückchen vorsichtig von der Nadel abgestreift, schnell in destillirtem Wasser abgespült und sodann in 0·5-procentige Arsensäure eingelegt, wo es circa 5 bis 10 Minuten verblieb, bis es etwas durchscheinend geworden. Hierauf wurde es in 0·1 bis 0·2-procentige Goldchloridlösung überführt, in welcher es, die Epidermisfläche nach unten, 2 bis 3 Stunden verblieb, bis es einen gelben Farbenton angenommen hatte; während dieser Zeit wurde es im Dunklen gehalten. Weiter wurde es in 1 procentige Arsensäure, nach vorherigem Abspülen mit destillirtem Wasser, eingelegt und in dieser am Licht reducirt. War die Reduction vollendet, was ungefähr innerhalb eines Tages eintritt und sich durch den bekannten violettschwärzlichen Farbenton kennzeichnet, so wurde zur Einbettung geschritten. Dieselbe geschah in Paraffin. Schon im Chloroform und noch mehr im Paraffin schrumpft das Gewebe bedeutend, offenbar in Folge der vorangegangenen Aufquellung durch die Säure. Unmittelbar aus dem geschmolzenen Paraffin wurde nach gehöriger Durchtränkung — wozu bei diesen kleinen Gewebsmassen 1 bis $1^1/_2$ Stunden hinreichen — das Stückchen mit erwärmtem Löffel herausgeschoben, auf Fliesspapier von anhängendem Paraffin befreit und mit der Epidermisfläche auf einen Objectträger gelegt, so dass der vorbemerkte gerade Rand des Kegels dem Längsrand des Objectträgers parallel lag, und zugleich etwas angedrückt. Sodann wurde härteres geschmolzenes Paraffin vorsichtig aufgeträufelt, wobei das Stückchen seine Lage nicht verändern darf, und besonders darauf geachtet, dass auch zwischen Epidermisfläche und Glas etwas Paraffin einfloss. Nach genügender Abkühlung wurde

zunächst von der unteren Fläche des Objectträgers aus nachgesehen, ob der gerade Rand des Kegels noch richtig stand, was jedoch meist jetzt schwer zu beobachten ist, und sodann ein Rechteck ausgeschnitten, dessen lange Seite dem geraden Rande des Stückchens parallel lief. Dieses Rechteck wurde im Mikrotomkästchen auf die lange Seite, welche genau wagerecht liegen muss, aufgestellt und mit Walrath aufgeklebt, derart, dass die Epidermisfläche gegen die Mikrotomschneide gerichtet war. Auf diese Weise wurden Verticalschnitte durch die Haut gewonnen, welche parallel der Punktkette gerichtet waren. Jedes exstirpirte Stück wurde nun in eine vollständige Schnittserie zerlegt, welche gewöhnlich 50 bis 70 Schnitte umfasste.

Im mikroskopischen Bilde machte sich auf je einer Anzahl von Schnitten der vor der Exstirpation gemachte senkrechte Einstich mit der Nadel als ein die Oberhaut durchsetzender Kanal geltend, dessen Wände meist mit Goldniederschlägen versehen waren. Mehrfach setzte sich derselbe auch spaltförmig in die Cutis fort, hat auch einige Male die Präparate durch Incrustationen mit Gold verdorben. Es gelang später, ihn nur auf eine kleine unschädliche Auflockerung der Epidermis zu reduciren; mehrfach wurde er auch ganz weggelassen, nachdem ich so weit war, ihn entbehren zu können — dies alles gilt nur von den Temperaturpunkten, da bei den Druckpunkten überhaupt selten ein Einbohren der Nadel vorgenommen wurde.

Nach dieser Anordnung war die Annahme berechtigt, dass diejenigen Nerven u. s. w., welche sich etwa im mikroskopischen Bilde in unmittelbarster Nähe des Kanals finden würden, der betreffenden Sinnesqualität zugehören würden, welcher der Punkt angehört hatte.

Um die dem eben geschilderten Präparationsmodus zu Grunde liegende Anschauung von der Bedeutung der Punktketten noch einer besonderen Prüfung zu unterwerfen, wurde noch eine Anzahl von Exstirpationen in der Weise vorgenommen, dass nicht ein Punkt mit seiner nächsten Umgebung, sondern ein Stück einer Punktkette herauspräparirt wurde. Dies geschah in ganz entsprechender Weise wie oben, nur dass die Einsetzung des Messers eine linear mehr ausgedehnte war. Es wurden schmale längliche Stückchen gewonnen, welche einen Theil der Punktkette in longitudinaler Ausdehnung enthielten. Das längste dieser Stückchen erreichte eine Ausdehnung von 2 mm.

Schilderung der histologischen Befunde. Nervenvertheilung in der Haut im Allgemeinen.

Bei der Schilderung der histologischen Befunde berichte ich zunächst über die nach dem letzterwähnten Modus gemachten Präparate, weil dieselben grundlegend für die weiteren Betrachtungen sind.

Ein solches, einen Abschnitt einer Punktkette enthaltendes Stück bietet, in eine Serie von Verticalschnitten zerlegt, beim Durchmustern folgendes Bild: Während Dutzende von Schnitten nur ganz spärliche, auch gar keine Capillarschlingen zeigen, bietet sich auf einem Schnitt eine mächtige, durch die ganze Longitudinalausdehnung desselben sich erstreckende Gefässverzweigung dar, welche sich auf den 2 bis 4 nächstliegenden Schnitten vervollständigt. Gewöhnlich zeigen die benachbarten Schnitte Etappen des Gefässbaumes in der Weise, dass der aus der Tiefe emporsteigende mächtige Gefässstamm in folgweisen Abschnitten durch 2 bis 3 Schnitte zieht, dann in dem nächsten Schnitt eine ausgedehnte Ramification und Arcadenbildung zeigt, während der jetzt folgende durch dichtgedrängte subepitheliale Capillarschlingen das Bild vervollständigt. Da die Schnitte genau vertical geführt wurden, so lässt sich aus dieser Anordnung der Schluss ziehen, dass der Gefässbaum nicht vertical, sondern schräg, in einem schwachen Winkel zur Verticalen, gegen das Stratum papillare aufsteigt. — Zugleich mit dem Gefässstamme sieht man Nervenfasern aufsteigen, welche sich ebenfalls verzweigen und in dichter Anlagerung die Gefässe gegen die Oberfläche der Cutis hin begleiten.[1])

Dieses Bild ist in dem ganzen zerlegten Stück nur einmal vorhanden und die dasselbe darbietenden Schnitte bilden ungefähr die Mitte der ganzen Serie.

Es kann somit gar kein Zweifel sein, dass diese im Längsschnitt sich präsentirenden Gefäss- und Nervenbäume den Sinnespunktketten entsprechen. Die a priori gefasste Vorstellung über die Bedeutung der letzteren hat durch die mikroskopische Untersuchung die directeste Verificirung gefunden, und es ist gewiss auch ein allgemein-anatomisch nicht uninteressantes Resultat, dass in der äusseren Aufführung und Bestimmung der Temperatur- und Druckpunkte ein Mittel gegeben ist, die Verbreitung der Gefässe und Nerven in der Haut zu studiren.

Die Thatsache, dass die Gefässe in flach ausgebreiteten Circulationsebenen die Haut durchsetzen, ist nicht neu. Tomsa[2]) hat an Injections-

---

[1]) Während schöne Gefässlängsschnitte nach der angegebenen Methode etwas Häufiges sind, geschieht es nur sehr selten, eine Nervenramification in einer gewissen Vollständigkeit aufzurollen. Angesichts der Dünnheit der Nerven, welche bei dem geringsten Ausbiegen derselben aus der Ebene ein Zerstückeln durch den Schnitt zur Folge haben muss, und ferner der Leichtigkeit, mit welcher Nerven von den ebenfalls tingirten Gefässen verdeckt werden, muss man in dieser Beziehung sehr bescheidene Ansprüche machen und an der Annahme festhalten, dass die Wirklichkeit hier jedenfalls stets viel vollständiger ist als das mikroskopische Präparat.

[2]) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der menschlichen Haut. Archiv für Dermatologie. 1873. Bd. V.

präparaten dieses Verhältniss nachgewiesen. Er unterscheidet betreffs der Lage der Circulationsebene zwei Kategorieen: die eine „wo die Circulationsebene keine regelmässige Lage hat, daher nicht im Voraus bestimmt werden kann; die andere, wo man sie ihrer grösseren Regelmässigkeit wegen mit Wahrscheinlichkeit angeben kann. In die erste Kategorie zählen Hautstücke mit nicht scharf oder ungleichförmig spaltbarem Hautgerüste, d. h. wo die Richtung der Spaltbarkeit sich beständig ändert.“ „Zur zweiten Kategorie gehört die Haut, welche auf grössere Strecken scharfe, gleichförmige Spaltbarkeit besitzt, also zumal jene Orte, wo die Haareinstülpungen und Hebelmuskeln vorkommen.“ Um von letzteren Orten eine vollständige Ansicht einer Circulationsebene zu gewinnen, muss man nach Tomsa den Schnitt folgendermaassen führen: „Der Schnitt wurde so bereitet, dass man die Schneide des Messers im Zwischenraum zwischen zwei Haarbälgen ansetzt und nun die Klingenfläche nicht der Querebene, sondern der Einsenkungsebene der Haarbälge parallel führte.“ Es ergiebt sich hieraus, dass „bei scharfer und gleichförmiger Spaltbarkeit der Blutstrom der zusammengehörigen Blutgefässschlinge eines Hautbezirkes in einer ebenen Fläche auseinandergefaltet erscheint, die zur localen Spaltbarkeitsebene mehr oder minder senkrecht stehend, der Haarrichtung ungefähr parallel geht, also mit der Hautoberfläche spitze Winkel bildet.“ Unna[1]) ergänzte dies dahin, dass diese Circulationsebenen auch aufgedeckt werden können durch eine senkrechte Schnittführung, welche zugleich der Spaltungs- und Haarrichtung parallel geht, und giebt eine Abbildung, aus welcher dies Verhältniss zur Evidenz hervorgeht (vom Unterschenkel). Man hatte somit ein Recht die Ansicht aufzustellen, dass die Cutis von schräg oder senkrecht in ihr stehenden Circulationsebenen durchsetzt sei, zwischen welchen sich relativ gefässarme Regionen finden (Unna) und auch ein Recht, diesen Modus auch für die Nerven anzunehmen, deren Zusammengehen mit den Gefässen man ja sonst in der Haut beobachten konnte. Diese Ansicht hat durch die Ergebnisse meiner Untersuchung volle Bestätigung gefunden. Tomsa, ausgehend von dem Bau, den Spannungsverhältnissen des Fasergerüstes der Cutis, — ich ausgehend von den topographischen Verhältnissen der Hautsensibilität, sind wir beide zu demselben Resultat gelangt, und die Erweiterung, welche ich den Tomsa'schen Aufstellungen geben zu müssen glaube, besteht in der Hauptsache nur darin, dass das analoge Verhältniss der flach ausgebreiteten Innervationsebenen in stringenterer Form aus meiner Schilderung hervorgeht. Eigentlich

---

[1]) Entwickelungsgeschichte und Anatomie der Haut. S. 101, in v. Ziemssen's Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie. Bd. XIV.

hätten ja schon die Tomsa'schen Untersuchungen darauf führen müssen, dass ebenso wie zwischen den Circulationsebenen sich gefässarme Partieen befinden, so auch stärker empfindliche Linien die Hautoberfläche durchziehen müssen, zwischen welchen die Haut weniger empfindlich sei; allein dieser nicht gerade fernliegende Schluss ist nirgends gezogen worden. Eine zweite Erweiterung besteht darin, dass ich — in Uebereinstimmung mit Unna — behaupten kann, dass nicht blos senkrecht, sondern auch parallel zur Spaltbarkeitsebene die Gefässe und Nerven sich ausbreiten, und dass sie nicht blos schräg, sondern auch nahezu senkrecht aufsteigen.

Mit der Feststellung der Thatsache, dass die Sinnespunktketten den Innervationsebenen entsprechen, hat nun der oben geschilderte Modus der Punktexstirpation seine Berechtigung erhalten; es war nun in der That zu erwarten, dass bei der in der Richtung der Kette angelegten Schnittführung die Nervenfasern sich im mikroskopischen Bilde annähernd im Längsschnitte präsentiren würden — und diese Erwartung hat sich erfüllt. Ich folge demnach bei der Beschreibung denjenigen Präparaten, welche eine gelungene Schnittrichtung in diesem Sinne zeigen.

Beschreibung der exstirpirten Stückchen und der Schnittserien im Allgemeinen.

Durchmustert man die Serie flüchtig behufs Orientirung mit mässiger Vergrösserung, so findet man die ersten Schnitte lediglich aus Epidermisstreifchen bestehend. Bald aber setzt sich ein schmaler Cutisrand an, der sich in jedem folgenden Schnitt verbreitert und dann schnell die charakteristische, nach unten spitz zulaufende Form annimmt, wie sie dem Durchschnitt des Kegels entspricht, um schliesslich gegen das Ende der Serie hin wieder die umgekehrte Wandlung durchzumachen. Diejenigen Schnitte, welche sich als grösste präsentiren, enthalten auch gewöhnlich den künstlichen Oberhautkanal. — Der Papillarkörper zeigt sich in der jener Körpergegend (Unterarm) zukommenden flachen Ausbildung; ab und zu laufen auch stärker prominirende, mit Capillarschlingen erfüllte Papillen mit unter. — Auf den ersten Schnitten der Serie finden sich hier und da durchschnittene Capillarschlingen, wie isolirt dastehend; nach der Mitte des Stückes zu erscheinen mehr davon und nun kommen einige Schnitte, welche einen ganz markanten Reichthum an Gefässen zeigen: dieselben ziehen durch den ganzen Schnitt hindurch, dicht unter dem Stratum papillare hin, Schlingen nach oben sendend; gewöhnlich sind dann auch aus der Tiefe aufsteigende Gefässe

sichtbar; weiterhin werden sie wieder seltener, man sieht wieder die discontinuirlichen Abschnitte der Capillaren, und es können Schnitte kommen, welche eine ganz auffallende Armuth an Gefässen bekunden, bezw. selbst letztere garnicht enthalten. Häufig steigen die zuführenden Gefässstämme neben einem Haarbalg in die Höhe und gehen die Circulationsebenen von den Haaren aus. — Die Oberhaut ist nicht selten an den Ecken von der Cutis abgelöst, die tiefsten Zellschichten sind in bekannter Weise sehr dunkel gefärbt. Die Zellen zeigen meist eine schöne wohlerhaltene Form, und dann treten die Kernegut hervor, — oder sie sind geschrumpft. Die Bindegewebszellen der Cutis sind tief gefärbt mit ihren Ausläufern; ebenso die Capillaren.

Der Grad der Goldfärbung muss nach meinen Erfahrungen ein ziemlich beträchtlicher sein, soll man die feinsten Nervenfasern sehen können. Diejenigen Präparate, welche mässig gefärbt sind und deshalb gewöhnlich eine grössere Eleganz des histologischen Bildes zeigen, bieten für die feinsten Verzweigungen der Nervenfasern oft zu wenig.

Wenn dies das allgemeine Bild der aus einem exstirpirten Sinnespunkt in der Längsrichtung der Punktkette gewonnenen Schnittserie ist, so möge nun die speciellere Beschreibung die Druckpunkte einerseits und die Temperaturpunkte andererseits einer gesonderten Betrachtung unterziehen.

Druckpunkt.

Ein Bündelchen markhaltiger Nervenfasern steigt aus den tieferen Schichten der Cutis mehr oder weniger schräg gegen die Epithelgrenze empor, gemeinschaftlich mit Gefässen. Nachdem es bis dicht an die unterste Zellenreihe vorgedrungen ist, zerfällt es in eine Anzahl von Nervenfasern, welche sich flach unter der Epitheldecke ausbreiten, letzterer in unmittelbarer Nähe angelagert. Sie streben dabei meist zwei Hauptrichtungen zu, indem die einen den schräg aufwärts gerichteten Verlauf des zuführenden Bündels nahezu fortsetzen, die anderen umkehren und die entgegengesetzte Richtung verfolgen, beide die Direction der Punktkette festhaltend. Jede einzelne dieser Fasern verläuft eine gewisse Strecke, leicht wellenförmig sich schlängelnd, dicht unter dem Stratum mucosum hin, indem sie hin und wieder feinste Aestchen gegen das letztere emporsendet, um schliesslich selbst mit einer schwachen aufwärts gerichteten Biegung die unterste Zellenschicht zu erreichen und damit ihr Ende zu finden. Dabei sind nun diese Nervenfäden von verschiedener Länge: wenn der eine durch wiederholte Abzweigung von Aestchen und schliessliches Einbiegen in die Epithelgrenze sich erschöpft hat, beginnt der nächstlängere seine Schösslinge zu treiben, bis er dasselbe

Schicksal erfährt. Auf diese Weise kommt jeder der Nervenfasern ein gewisses Territorium der Cutisoberfläche zu, welches sie versorgt, und die einzelnen Territorien lagern sich unmittelbar neben einander, scheinen auch hier und da in einander überzugreifen. Die Nervenfasern legen ihren Weg zum Theil dicht vereinigt, zum Theil von einander getrennt zurück. — Diese Ausbreitungsweise entspricht ganz der Beschreibung, welche Henle von den Hautnerven überhaupt giebt:[1] „Sie gleichen kriechenden Wurzeln einer Pflanze, welche senkrecht nach oben Schösslinge treiben.“ Eine netzförmige Bildung ist nicht vorhanden, jede Faser verläuft für sich, ohne auch bei der grössten Nähe mit einer anderen sich zu verbinden. Die ganze Länge der Ramification ist gewöhnlich in einem Schnitt nicht enthalten, vielmehr setzt sich dieselbe in den benachbarten Schnitten stückweise noch fort, jedoch ist der grösste Theil derselben und die dichteste Concentration von Nervenfasern meist auf einem einzigen Schnitt zu sehen. Man muss daraus einmal schliessen, dass die Ausbreitung der Nerven nicht ganz dieselbe Ebene innehält oder auch, dass die Schnittführung noch nicht genau in die Innervationsebene fällt, und zweitens, dass die Breite der Ramification eine minimale ist. Es ist geradezu nur eine Linie der Haut, welche von dem aufsteigenden Nervenbündel versorgt wird. Es entsteht nun bei dieser Gelegenheit die Frage, ob die Nervenfasern der Endausbreitung wirklich so gut wie in einer Ebene verlaufen oder ob etwa mehrere neben einander parallel sich erstrecken. Wenn ersteres der Fall wäre, so müsste man an derselben Stelle, wo man bereits longitudinale Fasern constatirt hat, in den nächsten Schnitten bezw. nach einer Anzahl von Schnitten wiederkehrende longitudinale Fasern sehen. Ein solches Verhältniss habe ich jedoch nicht beobachtet; die Complettirung des Bildes bezieht sich fast nur auf die Längenausdehnung der Ramification, fast garnicht auf die Breite derselben.[2] Zuweilen allerdings scheint auch letztere sich durch mehrere Schnitte hindurch zu erstrecken, allein dann handelt es sich, wie ich mich überzeugt zu haben glaube, nur um jene oben erwähnte Schrägheit der aufsteigenden Innervationsebene, welche auf Verticalschnitten ein solches Verhältniss producirt. Natürlich ist der Begriff der Ebene nicht im mathematischen Sinne zu nehmen;

---

[1] Henle, Handbuch der systematischen Anatomie. 2. Aufl. Bd. II. S. 18.

[2] Natürlich können solche Circulationsebenen gelegentlich einander sehr nahe rücken. Ich bin in einem Stück nach einer Anzahl von Schnitten auf eine zweite Gefässebene, die auch einzelne Nerven enthielt, gestossen; die Distance zwischen beiden mag ungefähr 0·1 mm betragen haben. Dies ist natürlich immerhin eine Entfernung, bei welcher von einer Completirung der einen Ebene durch die andere nicht die Rede sein kann.

vielmehr ist ein Nebeneinandergehen der Fasern in minimaler Entfernung gewiss, wie die Betrachtung des Bildes, wie es ein einziger Schnitt gewährt, ohne weiteres lehrt. Man könnte noch einwenden, dass diejenigen Nervenfasern, welche etwa von dem zuführenden Bündel aus andere Richtungen als die longitudinale einschlagen, nicht gut nachzuweisen sein würden, weil sie in Quer- oder Schiefschnitt erscheinen müssten, dass demnach die Möglichkeit einer Ausdehnung in die Breite immer noch vorhanden sei. Dem gegenüber muss aber geltend gemacht werden, dass Schnittführung in anderer als der beschriebenen Richtung keine Longitudinalansichten zu Tage fördert, wie ich an den Präparaten, welche ich vor genügender Ausbildung der Methode angefertigt habe, leider mich zu überzeugen Gelegenheit hätte. Aber freilich gilt dies nur bis zu einer gewissen Grenze. Denn dass einzelne Fäserchen auch hierhin und dorthin ihren Lauf nehmen könnten, dürfte nicht bestritten werden, ja, es ist dies sogar sehr wahrscheinlich, worauf ich bei der Besprechung der Gefühlsnerven noch zurückkommen werde.

Derjenige Schnitt, welcher gute Längsschnittbilder der Nerven des Druckpunktes zeigt, enthält im Allgemeinen wenig Gefässe, meist nur abgeschnittene vereinzelte Capillarschlingen. Dies bezieht sich jedoch nur auf die flache Ausbreitung der Nerven, während das zuführende Bündel sehr gewöhnlich in dichter Anlagerung an Gefässe gefunden wird. In den Nachbarschnitten aber treten sehr bald Gefässarcaden im Längsprofil auf, — so dass man hier zu dem ganz bestimmten Eindruck einer schichtweisen Nebeneinanderlagerung von Nerven- und Gefässverzweigungen gelangt.

Die untersuchten Druckpunkte differiren, auch bei gleich starker Färbung, von einander bezüglich des Reichthums an Nervenfäden und der Extensität der Verbreitung derselben.

Temperaturpunkt.

Da sich wesentliche Unterschiede bei den Kältepunkten einerseits und den Wärmepunkten andererseits nicht ergeben haben, so werden dieselben bei der Beschreibung hier zusammengefasst.

Ebenso wie beim Druckpunkt steigt ein Nervenbündel in der Cutis schräg aufwärts und strebt direct der Stelle des Stichkanals zu — wie erwähnt, wurde bei den Temperaturpunkten meist ein senkrechter Einstich mit der Nadel angelegt. Dasselbe löst sich im Stratum papillare in eine Anzahl feiner markloser Fäden auf. Letztere kriechen nun nicht wie beim Druckpunkt unter dem Epithel weit hin, sondern steigen in kurzem Verlauf theils schräg, theils gerade gegen dasselbe auf, so dass

sie eine Art Dolde bilden. Jedoch ist die Doldenform nicht durchgängig vorhanden, sondern häufig nur ein durch vielfache Ramification entstehendes, wenig ausgedehntes Geflecht feinster Fasern. Dasselbe entwickelt sich im Vergleich zu der Ramification der Drucknerven schon etwas tiefer in der Cutis. Die daraus hervorgehenden Fäden streben der Grenze des Stratum Malpighii zu und erreichen dieselbe zum Theil, während einzelne sich in der obersten Cutisschicht verlieren. Stets befindet sich die Ramification in auffallender unmittelbarer Nähe von Gefässen. Es muss hier eines Verhältnisses gedacht werden, welches nicht unter die Abbildungen mit aufgenommen worden ist. Zuweilen nämlich wurde dem Stichkanal entsprechend eine markhaltige Nervenfaser in enger Verbindung mit einem aufsteigenden Gefässbüschel angetroffen, welche in letzterem geradezu zu verschwinden schien, denn ein die Endigung der Fasern darstellendes Geflecht von Nervenfäden konnte nicht gesehen werden. In anderen Präparaten, wo ebenfalls die Nervenfaser in dem Dunkel der Gefässe sich dem Blick entzog, liessen sich vereinzelte Terminalfäden zwischen der Capillarschlinge und der Oberhaut, bis an die unterste Zellenschicht reichend, constatiren. In den beigegebenen Abbildungen endlich sieht man die aufsteigenden Nervenfasern ebenfalls in unmittelbarster Anlagerung an Gefässe, welche eine so innige ist, dass bei einigen ebenfalls der Eindruck entsteht, als ob die Nerven nicht weiter zu verfolgen seien, aber schliesslich erscheint doch, in der directen Verlängerung der Nervenfasern, die Endausbreitung der feinen Fäden, welche sich in einem engen Raum zwischen Capillaren Stratum Malpighii gleichsam einkeilt. Nach diesen Erfahrungen muss ich die letztgeschilderten Kategorieen für das vollkommenste Bild der Endausbreitung der Temperaturnerven halten und glauben, dass in den anderen Präparaten aus irgend welchen Gründen die an das Epithel herangehenden Fäden nicht zur Beobachtung gelangten, und dass demnach der Eindruck, als verschwänden die Nerven ganz in den Gefässen, nicht den thatsächlichen Verhältnissen entspricht. Jedoch muss ich die Möglichkeit, dass sich einzelne der Fäden mit den Gefässen verbinden, anerkennen. Dieselben treten, wie aus den Abbildungen ersichtlich, zuweilen so unmittelbar an Capillaren heran, dass man ihren Zusammenhang mit mindestens demselben Recht behaupten könnte, mit welchem derjenige der sogenannten Epidermisnerven mit den cutanen Nerven behauptet worden ist. Allein man darf aus dem optischen Continuum nicht ohne weiteres auf ein reelles schliessen, weil einmal die Goldfärbung, dadurch, dass sie neben den Nerven auch die Gefässe betrifft, feine Nervenfädchen, welche v o r und h i n t e r einem Gefäss fortlaufen, leicht verschleiern und so den Eindruck einer Verschmelzung hervor-

rufen kann, und weil wir es andererseits doch immer nur mit gewaltsam zerschnittenen Objecten zu thun haben, bei welchen man sich äusserst vorsichtig darüber ausdrücken muss, ob ein Gebilde an einem gesehenen Punkte als solches aufhört oder sich noch irgendwohin fortsetzt. Dieselbe Betrachtung muss auch auf diejenigen Nervenfäden Anwendung finden, welche frei in der Cutis zu endigen scheinen. Man findet solche sowohl in Fällen, wo die Präparate etwas schwach gefärbt sind und wo es daher sehr nahe liegt, eine ungenügende Goldwirkung auf die feinsten Fäden zu vermuthen, als auch in stark vergoldeten Präparaten. Bei letzteren aber muss man sich ausser dem Umstand, dass der Zusammenhang der Gebilde durch das Zerschneiden gestört ist, noch das Launische der Goldfärbung überhaupt vergegenwärtigen, um zu dem Resumé zu gelangen, dass auf frei in der Cutis endigende Nerven auf Grund dieser Präparate immer noch nicht mit voller Sicherheit geschlossen werden kann. Ich möchte daher die Beschreibung der Endausbreitung der Temperaturnerven dahin präcisiren: Die Ramification der Temperaturnervenenden greift in unmittelbarer Nähe von besonders reichlichen und starken Gefässbildungen Platz und keilt sich zwischen diese und die Oberhaut ein; die aus der Ramification hervorgehenden feinen Nervenfäden streben der Cutisgrenze zu, an welcher sie sich auf einem relativ wenig ausgedehnten Raum verbreiten; einzelne derselben jedoch scheinen an Gefässe heranzutreten, andere in der Cutis frei zu endigen, ohne dass die Frage, ob dies dem thatsächlichen Verhalten entspricht, bis jetzt als gelöst betrachtet werden kann. In einem der Präparate erreichen die Nervenfäden die Epidermis nicht, sondern endigen an der Einsenkung eines Haarbalges. Die Beziehung sowohl der Temperatur- wie der Druckpunkte zu den Haaren ist stets von mir hervorgehoben worden und hat sich bei der mikroskopischen Untersuchung wieder unzweifelhaft ergeben. Sehr häufig ist die Endausbreitung in grösster Nähe an der Oeffnung des Haarbalgtrichters.

Die Endausbreitung der Temperaturnerven zeigt im Vergleich zu derjenigen der Drucknerven viel zartere und kürzere Nervenfäden, und auch die Anzahl der letzteren ist im Allgemeinen geringer. Auch das zum Sinnespunkt aufsteigende Nervenbündel ist bei den Druckpunkten stärker. Dieser Umstand, sowie die vorerwähnte dichte Vereinigung mit Gefässen, welche die Endausbreitung verdecken, machen die Untersuchung der Temperaturpunkte ganz besonders schwierig, so dass man befriedigende Präparate nur unter besonders glücklichen Umständen bekommt. Vielfach übrigens waren anscheinend noch viel feinere Ramificationen vorhanden, welche jedoch mir nicht sicher genug vorkamen, um sie zu zeichnen. Die Möglichkeit einer Verwechselung mit tingirten

Ausläufern von Bindegewebszellen, elastischen Fasern u. s. w. liegt leider bei Goldpräparaten immer vor und gebietet der Interpretation ein frühes Halt.

Beziehung der Druck- und Temperaturpunkte zur Innervationsebene.

Fassen wir die Befunde bei den Druckpunkten einerseits und den Temperaturpunkten andererseits zusammen, so hat sich ergeben, dass hier wie da Nervenfasern gegen den Sinnespunkt hin in der Cutis aufsteigen und sich subepithelial verbreiten, dass aber die Art und Weise der Verbreitung gewisse Unterschiede zeigt. Die Herkunft dieser einzelnen aufsteigenden Nervenfasern bez. -Bündel nun ergiebt sich aus dem, was über die Innervationsebene vorausgeschickt worden ist. Es war dort gesagt, dass mit den grösseren Gefässen zugleich Bündel von Nervenfasern aus der Tiefe der Cutis emporsteigen, sich mit den Gefässen gleichzeitig verzweigen und in einer durch die Sinnespunktkette gehenden Ebene verbreiten. Diese einzelnen Nervenzweige nun, welche die Innervationsebene ausmachen, sind die zu den Sinnespunkten aufsteigenden Fasern. Sie haben in ihrer Gesammtheit eine fächerartige Anordnung; die einen steigen ziemlich senkrecht, die anderen mehr oder weniger schräg empor, die äussersten gehen eine Strecke lang fast parallel zur oberen Cutisgrenze unter derselben hin, um schliesslich ihr Ziel zu erreichen. So erklären sich die verschiedenartigen Richtungen, in welchen wir auf den Temperaturpunktabbildungen die zuführenden Nerven gegen ihr Ziel lossteuern sehen. In einer derselben ist der Zusammenhang des zum Sinnespunkt verlaufenden Nerven mit dem die Innervationsebene bildenden Nervenbaum deutlich ersichtlich.

Die in eine solche Innervationsebene eintretenden Nerven sind nicht von einer Qualität, sondern gemischter Natur. Es finden sich häufig in einer Temperaturpunktkette auch Druckpunkte. Ich habe einen Theil einer solchen Kette exstirpirt und ebenfalls ein gemeinsames Nervenbündel in der Tiefe gefunden, welches sich in der geschilderten Weise verzweigte. Es fragt sich nun, ob die je zu einem Sinnespunkt verlaufenden Abzweigungen einfacher Qualität sind, und diese Frage steht zugleich im innigsten Connex mit der anderen, woher nun eigentlich die Nerven für die zwischen den Punkten gelegene Haut kommen. Zur Erledigung derselben ist es nothwendig, die Befunde an der letzteren zu betrachten.

Befunde an der zwischen den Sinnespunkten gelegenen Haut.

Diejenigen Schnitte, welche dem Sinnespunkt nicht entsprechen, enthielten eine Nervenanhäufung, wie sie dort gefunden war, nie; dieselbe war in jedem zerlegten Stück nur einmal vorhanden. Sie zeigten markhaltige Nervenfasern nur vereinzelt, unter dem Cutiscontour hinziehend. Etwas häufiger fanden sich verstreute marklose Fäden, welche in den Papillen, oft mit Capillaren zusammen, hochsteigen oder auch an den Einsenkungen des Stratum Malpighii der untersten Zellenreihe zustreben. Hin und wieder sieht man auch unter dem Epithel hinkriechende feine Nervenfasern, welche Fortsätze von der beschriebenen Art nach oben schicken. Im Ganzen ist die Anordnung der Nerven hier eine ähnliche wie an den Druckpunkten, nur dass sie ungleich spärlicher sind. Das also sind die Nerven der punktlosen Haut, welche ich im Gegensatz zu den specifischen Drucknerven als Gefühlsnerven bezeichnet habe und welche jenes matte und dumpfe Berührungs- und Schmerzgefühl leiten, aber kein Gefühl der Druckstärke und keine Ortsempfindung. Sie machen das wahre Continuum der empfindenden Hautfläche aus, wie denn auch die subepithelialen Fädchen sich weit verstreut finden.

Bei dem vereinzelten Auftreten dieser Nervenfäden war es nicht möglich, ihre Herkunft zu constatiren. Es ist nun wohl ganz sicher, dass sie ebenfalls aus der Innervationsebene entstammen und es handelt sich also nur darum, ob sie mit den am Sinnespunkt aufsteigenden Nerven zusammenhängen oder besondere, unmittelbar aus dem Nervenbaum hervorgehende, zuleitende Nervenfasern besitzen. Ich glaube, dass beides zutrifft, und kann wenigstens das erstere sicher behaupten. Denn man sieht bei den Druckpunkten von der Nervenanhäufung her vereinzelte Fäden unter dem Epithel fortlaufen, welche sich so weit von dem Druckpunkt entfernen, dass man sie lediglich als Nerven der punktlosen Haut auffassen kann. Ob auch das zum Temperaturpunkt aufsteigende Bündel nebenbei Gefühlsnerven enthält, darüber habe ich mir kein sicheres Urtheil bilden können, jedoch habe ich feststellen können, dass bis dicht an das Stratum papillare heran Temperatur- und Drucknerven, bez. Temperatur- und Gefühlsnerven gemeinsam verlaufen können. Ob von dem Nervenbaum sich Fasern direct abzweigen, welche lediglich zur punktlosen Haut sich begeben, dürfte schwer zu erweisen sein; jedoch ist es wahrscheinlich, dass dies vorkommt, besondes dort, wo die Sinnespunkte relativ spärlich gesäet sind. Jedenfalls aber bezieht die gesammte zwischen den Punkten gelegene Haut ihren Bedarf ebenfalls aus den Innervationsebenen der Punktketten und dieselben

sind daher nicht blos als die bedingende Basis der Sinnespunkte, sondern als wahres Gerippe der gesammten Hautinnervation anzusehen. Die für die punktlose Haut bestimmten Fasern müssen natürlich zum grössten Theil die Innervationsebene verlassen und nach den verschiedensten Richtungen abbiegen, — ein für die Beobachtung derselben sehr erschwerendes Moment, welches schon bei der Behandlung der Druckpunkte angedeutet worden war. Es ist schwer zu sagen, in welcher Tiefe der Cutis dieses Abbiegen erfolgt, jedoch muss man sich nach dem ganzen Typus der Nervenverbreitung und speciell in Anbetracht der von den Druckpunkten aus weithin verlaufenden subepithelialen Fäden die Vorstellung machen, dass hauptsächlich in den obersten Cutisschichten die Abzweigung der Gefühlsnerven vor sich geht. Wahrscheinlich sind bis zum Stratum papillare alle aufsteigenden Nerven gemischter Natur und erst dicht unter dem Epithel sind wir berechtigt, an einer bestimmten Stelle die vorliegenden Nervenfasern als von einer Qualität auszusprechen.

Meine Anschauung über die differentielle Art der Endausbreitung bei Temperatur- und bei Drucknerven stützt sich natürlich nicht blos auf die wenigen in den Abbildungen wiedergegebenen Präparate, und auch nicht blos auf die überhaupt als gelungen zu bezeichnenden Präparate, sondern in fast sämmtlichen kann die Wiederkehr des beschriebenen Verhältnisses beobachtet werden. Bei der Art der Ausbreitung in nahezu einer Ebene ist es natürlich immer eine Glückssache dieselbe aufzurollen, und viele Präparate sind in dieser Hinsicht vergeblich gewesen. Schon eine geringe Abweichung der Schnittführung von der richtigen Ebene — und solche sind bei aller Schärfe der Bestimmung in der Mehrzahl — producirt Schrägschnitte, auf denen die Nerven in Fragmenten erscheinen. Dazu kommt, dass dieselben schief aufsteigen, weshalb die Verticalschnitte unter allen Umständen zerstückelnd wirken. — Uebrigens sind aber Verticalschnitte immer noch das Praktischste, denn wenn man sich darauf einlässt, die Schnitte schief durch die Haut zu legen, was technisch schon ungemeine Schwierigkeiten macht, so bekommt man nach meinen Erfahrungen ganz unsichere Präparate. — Demnach erhält man bei vielen Stücken keine ideale Endausbreitung, sondern in mehreren benachbarten Schnitten eine Anzahl von Nervenfäden, welche man, wenn man bessere Bilder kennt, mit Hülfe der ebenfalls zerschnittenen Gefässe zu einem Ganzen combiniren kann. Solche Präparate sind nicht geeignet, demonstrirt zu werden, wohl aber allenfalls, die gewonnene Ueberzeugung zu festigen.

Letzte Endigung des einzelnen Nervenfadens.

Es ist im Vorhergehenden hauptsächlich nur die Endausbreitung der Nerven berücksichtigt worden, und es erübrigt nun weiter zu untersuchen, wie der einzelne Nervenfaden endigt. Wenn wir von der oben berührten Frage, ob die Temperaturnerven auch frei in der Cutis und an den Blutgefässen endigen können, absehen, so hatte sich sowohl bei den Druck- wie bei den Temperaturpunkten ergeben, dass die Nervenfäden schliesslich bis an die unterste Zellenschicht dringen. Hier nun habe ich sie durchweg endigen sehen. Das Gewöhnliche ist, dass das Fädchen bis unmittelbar an die Zellen zu verfolgen ist und gewissermaassen an den Zellcontour stösst, hiermit aber einfach aufhört. Zuweilen ist an diesem Ende eine knöpfchenförmige Verdickung zu bemerken. Es muss hierbei darauf aufmerkam gemacht werden, dass durch das Vorliegen eines Kernes oder anderen Gebildes vor dem Nervenende der Anschein einer knopfförmigen Endigung producirt werden kann. Man kann nicht selten die Wahrnehmung machen, dass ein Nerv knopfförmig zu endigen scheint, dass aber bei Verschiebung der Mikrometerschraube der feine Faden sich über das Knöpfchen hinaus forterstreckt und spitz endigt. In anderen Fällen konnte eine deutliche einfache Zuspitzung beobachtet werden. Mehrfach wurde wahrgenommen, dass das Nervenende, an die unterste Zellenreihe herantretend, zwischen zwei der Palissadenzellen eine kurze Strecke einzudringen scheint; jedoch beträgt diese Strecke nur einen gewissen Theil einer Zellenlänge. Unter Umständen kann der Anschein hervorgebracht werden, als ob das Nervenende weiter in das Epithel vordringt. Jedoch geht das Nervenende in Wirklichkeit nicht durch die unterste Zellenreihe hindurch, sondern an die Grenze zweier unterster Zellenreihen. — Genau dieselben Verhältnisse der Endigung zeigen auch die einzelnen Fasern der Gefühlsnerven, d. h. die in der punktlosen Haut verstreuten Nerven.

Es ist im Vorangehenden implicite gesagt, dass ich mich weder von der Existenz von Nervenenden innerhalb des Epithels überhaupt, noch von einem Endigen mit oder gar in einer Zelle habe überzeugen können. Dieser Punkt ist gegenwärtig so wichtig, dass er einer ausführlicheren Besprechung hier bedarf.

(Folgt ein Abschnitt über die Frage der Epidermisnerven, welcher im Abdruck weggelassen ist.)

Die physiologische Bedeutung der Endausbreitung des Nerven im Verhältniss zur letzten Endigung.

Es erweckt ein unbefriedigendes Gefühl, dass die Endigungen bei den verschiedenen Qualitäten der Nerven sich als gleichartig ergeben haben — wenn wir von dem möglichen Freiendigen der Temperaturnerven und den unwahrscheinlichen Endigungen derselben an Gefässen hier absehen. Denn man erwartet eine Anpassung der Endigungen an die adäquaten Reize und demzufolge bei einer Verschiedenheit letzterer auch eine Verschiedenheit ersterer. Es ist müglich, dass noch irgend welche zarten Gebilde sich an den Endigungen speciell der Temperaturnerven befinden, welche durch die eingreifende Präparation zerstört werden. Im Uebrigen aber ist die Frage der Reizübertragung nicht mit der Frage nach der letzten Endigung des einzelnen Nervenfadens erschöpft. In der Histologie steht gewöhnlich die Morphologie der letzten Endigung im Vordergrunde des Interesses; jedoch kommt dem das physiologische Interesse nicht überall nach. Letzteres gipfelt im Nachweise des End-apparates. Die Endigung wird physiologisch von Bedeutung, sobald sie Endapparat wird. Nicht jede Endigung ist so aufzufassen. Es fördert z. B. das Verständniss der Function sehr wenig, ob ein einzelner Nervenfaden spitz oder mit einer kleinen Anschwellung endigt. Anders verhält es sich schon mit der cellulären Endigung. Findet man, dass ein Tastnerv an einer Zelle endigt und nennt diese nun „Tastzelle", wie es geschehen ist, so ist diese Bezeichnung nicht einwandlos; denn sie besagt offenbar, dass die Zelle für die Tasten nothwendig sei und vindicirt ihr also eine Bedeutung für die Reizübertragung. Diese kann jedoch nicht in dem Umfange vorhanden sein, wie sie der Begriff des Endapparates mit sich bringt. Der mechanische Reiz erregt den Nerven direct, auch ohne reizvermittelnden Endapparat. Aber er trifft auch bei möglichster Begrenzung doch mit einer für den einzelnen Nervenfaden ungeheuren Breite auf, ungefähr wie der Hammer auf den Nagel. Die Endzelle würde nun hier höchstens die Stelle des Nagelkopfes vertreten, welcher den Nagel schützt, indem er Umknickungen, Verbiegungen desselben verhindert, und zugleich den Stoss auf die ganze Masse des Nagels überträgt und somit die Pulsion vermehrt. Eine eigentliche Umwandlung des materiellen Reizes in einen Nervenreiz, durch eine besondere Thätigkeit der terminalen Zelle, findet dabei nicht statt. Für die Temperaturnerven würde der Nachweis einer cellulären Endigung einen grösseren Werth haben, denn bei diesen postuliren wir thatsächlich reizvermittelnde Endapparate, und solche würden wir uns in

der Form einfacher Zellen, welche gewisse Eigenschaften bezüglich der Temperaturveränderung haben müssten, allerdings vorstellen können. Aber wenn die Untersuchung zu greifbaren Endapparaten nicht führt, so ist die Discussion über den einzelnen Nervenfaden für die Physiologie steril. Eine fruchtbarere Aussicht eröffnet dann die Betrachtung der Endausbreitung, d. h. eines zusammengehörigen Complexes von Nervenendfäden. Es hat sich das nicht uninteressante Resultat ergeben, dass einem Sinnespunkte je ein Complex von Nervenendigungen entspricht. Was physiologisch als eine Einheit erscheint, stellt sich anatomisch als eine Mehrheit, ja Vielheit dar. Man betrachtet meist eine Nervenendigung als Basis für eine Empfindung. Hier liegt eine ganze Nervenramification vor, welche im Einklang agirt — und vielleicht agiren muss, soll die Erregung Schwellenwerth gewinnen. Dadurch gewinnt dieselbe ein höheres Interesse als das blos anatomische der Nervenverbreitung, nämlich das einer functionellen Einheit, und man kann geradezu behaupten, das eines complexen Endapparates. Damit dürfte der oben ausgesprochene Satz, dass sich das physiologische Interesse nicht in der Frage nach der letzten Endigung des einzelnen Nervenelements erschöpft, gerechtfertigt sein.

Die Endausbreitung der specifischen Nerven an je einem Sinnespunkt, als ein zu functioneller Einheit verbundener histologischer Complex betrachtet, hat Verschiedenheiten der Gestaltung bei den Druckpunkten einerseits und den Temperaturpunkten andererseits ergeben. An einem Druckpunkt findet sich die Haut von einer Anhäufung von Nervenfäden durchsetzt, welche in der subepithelialen Cutisschicht flach ausgebreitet daliegen und durch zahlreiche Aestchen ein relativ grosses Stück von Cutisoberfläche innerviren. Wir können in dieser Form der Endausbreitung eine passende Vorrichtung zum Auffangen mechanischer Reize unschwer erkennen. Man hat mehrfach in sehr richtiger Weise Werth darauf gelegt, dass die Endapparate der zum Auffangen tactiler Reize bestimmten Nerven eine gewisse Vergrösserung der dem Reiz offerirten Fläche als eine Haupteigenschaft gewähren müssten. Man hat dies Erforderniss sowohl in Tastzellen wie in den Tastkörperchen erfüllt sehen wollen. Gehen wir nun einmal vom punktförmigen tactilen Reiz aus — punktförmig nicht im mathematischen, sondern im grobmechanischen Sinne —, so ergiebt sich ein ganz verschiedenes Verhältniss, je nachdem man diesen Reiz in seiner Beziehung zur Flächenausdehnung der Haut oder in derjenigen zum einzelnen Nervenende betrachtet. Gegenüber dem einzelnen Nervenende nämlich stellt auch der spitzeste Reiz immer noch ein Flächenstück dar und ebenso auch noch gegenüber den minimen flächenvergrössernden Endapparaten einer Tast-

zelle oder eines Tastkörperchens. Letztere sind immer noch punktförmiger als ein sogenannter punktförmiger Reiz. Man kann deshalb in dieser Art von Endapparaten nicht eine Vergrösserung der Wirkungsfläche des dem Reiz entgegengestellten Nervenendes erblicken, sondern, wie vorhin ausgeführt, lediglich eine dem Nerven selbst dienende Schutz- und Uebertragungsvorrichtung. Betrachtet man zweitens das Verhältniss des spitzen Reizes zur gesammten Hautfläche, so würde dies nichts besonderes bieten, wenn letztere ein nervöses und empfindendes Continuum wäre. Da aber die Innervation eine discontinuirliche ist, so wird es zum Spiel des Zufalls, ob ein punktförmiger Reiz auf innervirte Haut trifft oder nicht. Die Wahrscheinlichkeit nun, dass derselbe innervirte Haut tangirt, wird um so grösser, je grösser die jedesmalige Wirkungsfläche der discontinuirlich verstreuten Nerven ist. Angenommen, das je an einem Druckpunkt vorhandene Nervenbündel stiege einfach zur Oberfläche der Cutis empor und endigte hier seinem Querschnitt entsprechend, so wäre die Wahrscheinlichkeit, dass ein spitzer Reiz nun einmal gerade diesen Querschnitt träfe, eine sehr geringe. Durch die nachgewiesene flache Ausbreitung aber wird der Querschnitt und damit die zur Wirkung kommende Reizfläche ganz ungemein vergrössert. Die flache Ausbreitung stellt kleine empfindliche Flächenstücke her und arbeitet so der discontinuirlichen Innervation im Sinne eines empfindenden Continuums entgegen. Sie allein ist es, welche die oft gesuchte Flächenvergrösserung der Nervenenden herbeiführt, während die minimalen Vorrichtungen, welche an dem einzelnen Endfaden sich finden mögen oder wirklich finden, für diesen Zweck, dem Object gegenüber, garnicht in Frage kommen. Somit repräsentirt die Endausbreitung der Drucknerven am Druckpunkt einen wahren Endapparat.

An einem Temperaturpunkt findet sich auf einen engen Raum zusammengedrängt eine Anzahl von feinsten Nervenfäden, in unmittelbarster Nähe von Gefässen. — Die Art der Anordnung verräth gegenüber den Druckpunkten den Charakter extensiver Beschränkung; die Wirkung muss daher eine gegentheilige sein wie dort, d. h. für Druckreize ist diese Endausbreitung sehr wenig exponirt. — Der Umstand, dass auch hier ein Nervencomplex vorhanden ist für eine Empfindung von geradezu elementarer Einfachheit, denn eine solche ist doch die punktförmige Temperaturempfindung, deutet darauf, dass hier ebenfalls die Endausbreitung als Endapparat anzusehen ist. Man kann sich zwei verschiedene Vorstellungen über die Bedeutung dieser Endausbreitung machen; beide müssen aber davon ausgehen, dass es wohl zweifellos Dichtigkeitsveränderungen sind, welche, durch die Temperaturreize producirt, die Nerven erregen. Einmal nämlich kann man sich

vorstellen, dass die Dichtigkeitsveränderung des Gewebes eine auf die Endausbreitung als solche sich erstreckende gemeinsame Wirkung hat, derart, dass etwa durch die dabei erfolgende Verschiebung der Fasern eine Erregung des Nerven zu Stande kommt. Jedoch ist dies unwahrscheinlich; und weit plausibler ist es, dass jeder einzelne der den Complex bildenden Nervenfäden durch das Verändern der Eigentemperatur für sich gereizt wird. Es könnte dies entweder so vor sich gehen, dass die Dichtigkeitsveränderung des umliegenden Gewebes auf den Nervenfaden erregend wirkt, oder so, dass das Ende der Nerven selbst die Dichtigkeitsveränderungen mitmacht oder endlich so, dass jeder Endfaden noch besondere Apparate besitzt, welche als Verbindungsglied den Temperaturreiz auf das Nervenende übertragen. — Wie dem auch sei, das Vorhandensensein des Nervencomplexes spricht doch dafür, dass die Veränderung, welche jeden einzelnen der Fäden betrifft, eine zu geringfügige ist, um eine Nervenerregung herbeizuführen. Da sich aber die gleiche Veränderung zu gleicher Zeit bei einer Mehrheit von Nervenfäden geltend macht, so wird durch Summirung dieser kleinen Anstösse eine genügend erregende Wirkung erzielt. Würde an einem Temperaturpunkt nur eine einzige Nervenfaser endigen, so würde diese wahrscheinlich erst durch ganz erhebliche Temperaturschwankungen in einen erregten Zustand gelangen. Die Endausbreitung gewährt daher durch Aggregation der kleinsten Anstösse die Fähigkeit feinerer Empfindung. Somit wohnt auch ihr der Charakter eines Endapparates unzweifelhaft bei.

Verhältniss der Temperaturnerven zu den Gefässen.

Die auffallende Anlagerung der Temperaturnervenenden an Gefässe könnte Veranlassung geben zur Aufwerfung der Frage, ob die Gefässe etwa einen integrirenden Theil des Endapparates darstellen. Bei den bekannten Beziehungen der Gefässcontraction und Gefässdilatation zur Abkühlung und Erwärmung liegt es nahe, den Bewegungen der an dem Temperaturpunkt vorhandenen Gefässe eine reizvermittelnde Bedeutung zu vindiciren. Am Kältepunkt würde die Contraction der Gefässschlingen die Nerven reizen, am Wärmepunkt die Dilatation. Die Temperaturnerven würden damit zu einer Art centripetaler Gefässnerven. — Allein hierzu wäre eine harmonische Abstimmung der Gefässweite auf die Eigentemperatur nothwendig, welche in rein mechanischen Verhältnissen begründet sein müsste, etwa wie bei der Quecksilbersäule des Thermometers — während wir doch gewohnt sind, die Veränderung der Gefässfüllung selbst erst durch die Vermittelung nervöser Vorgänge ent-

stehend zu denken. Ausserdem spricht das Herantreten der Nervenenden an das Epithel entschieden gegen den Charakter centripetaler Gefässnerven. Will man in dieser Zusammenlagerung von Nerven und Gefässen überhaupt eine bedeutungsvolle Beziehung erblicken, so dürfte sie, wie ich meine, wohl nur darin gelegen sein, dass die Nerven dadurch möglichst unter den unmittelbaren Einfluss der Blutwärme gesetzt werden. Wie ich schon einmal an einem anderen Orte ausgeführt habe, übt der adäquate Reiz auf die Temperaturnerven in doppelter Weise einen schädigenden Einfluss aus. Einmal wird die Erregbarkeit derselben wie bei allen Sinnesnerven durch die Reizung an sich herabgesetzt, sie werden ermüdet. Hierzu gesellt sich aber noch die durch den Temperaturreiz, d. h. durch die Abkühlung oder Erwärmung gesetzte Veränderung der Eigentemperatur der Endorgane, und wir wissen, dass diese Veränderung der Eigentemperatur zugleich die Erregbarkeit der Endorgane schädigt. Das strömende Blut ist wohl zu allermeist im Stande, die veränderte Eigentemperatur einer Hautstelle zur Norm zurückzuführen. Die unmittelbare Nachbarschaft reichlich entwickelter Blutkanäle muss daher für die Function der Temperaturnerven von grösstem Vortheil sein, insofern als darin eine wirksame Compensation der die Nervenenden treffenden schädigenden Temperatureinflüsse gegeben ist und zum mindesten eine wirksamere, als wenn die Nervenenden behufs Ausgleichens ihrer veränderten Eigentemperatur lediglich auf die Eigenwärme des unterhalb gelegenen Gewebes angewiesen wären.

Vergleichung der Kälte- und Wärmenervenendigungen mit einander.

Es ist bisher ein Punkt noch nicht berührt worden, welcher dem physiologischen Verständniss gegenüber geradezu räthselhaft ist — nämlich das gegensätzliche Verhalten der Reizbarkeit bei den Kältenervenendigungen einerseits und der Wärmenervenendigungen andererseits. Während jene lediglich durch den Akt des Sinkens der Eigentemperatur erregt werden und durch das Steigen derselben unbeeinflusst bleiben, ist bei letzteren gerade das Umgekehrte der Fall. Als ich meine Untersuchungen begann, hatte ich die Hoffnung, greifbare Unterschiede zwischen der Endigungsweise der einen und der anderen zu finden, wie man sie eben nach dem physiologischen Postulat erwarten muss. Jedoch sind meine Erwartungen unbefriedigt geblieben. Dies könnte zunächst die Vermuthung rechtfertigen, dass vielleicht doch noch besondere Endapparate da sein mögen, deren Sichtbarmachung nur noch nicht gelungen, welche durch ihre je besondere Einrichtung jenes

gegensätzliche Verhalten der Nervenenden ermöglichen. Dasselbe würde dadurch als eine blosse Wirkung der Endapparate, nicht der Eigenthümlichkeit der Nerven selbst erscheinen. Ohne diese Vermuthung als unbegründet zurückweisen zu wollen, möchte ich aber doch darauf hinweisen, dass es Erfahrungen giebt, welche die Kältenerven einerseits und die Wärmenerven andererseits, ganz abgesehen von den etwaigen Endapparaten, als different bezüglich ihrer Erregungs- und Leitungsfähigkeit hinstellen. Die eine dieser Erfahrungen ist in einer von mir gemachten Mittheilung enthalten, welche die Einwirkung des Menthols auf die Hautnerven zum Gegenstand hat und nachweist, dass das Menthol ganz vorzugsweise die Kältenerven, viel weniger die Wärmenerven erregt. Eine andere hier in Betracht kommende Thatsache ist die von Herzen gemachte Beobachtung, dass bei Druck auf den Nervenstamm (Einschlafen eines Gliedes) zuerst der Kältesinn, viel später erst der Wärmesinn erlischt. Es geht aus diesen beiden Erfahrungen hervor, dass einmal die Endigungen der Kältenerven gegenüber denjenigen der Wärmenerven irgend welche Verschiedenheiten, sei es chemischer, sei es physikalischer Natur, besitzen müssen, welche das differente Verhalten gegen Menthol bedingen; — dass andererseits die Leitungsfähigkeit der Kältenerven durch Druck leichter aufgehoben wird als die der Wärmenerven. Wenn derartige Differenzen die Nerven selbst zeigen, so wird dadurch die Nothwendigkeit verringert, alle Unterschiede des Verhaltens gegen die adäquaten Reize auf die Endapparate zu schieben, vielmehr die Möglichkeit eröffnet, auch die Nervenenden selbst hierfür in Anspruch zu nehmen. Wie dies zu geschehen hat, darüber lassen sich natürlich nur vage Vermuthungen aufstellen. Abkühlung sowohl wie Erwärmung erregen auch die Gefühls- und Drucknerven bei einer gewissen Reizstärke. Sonst wirkt erstere im Allgemeinen erregbarkeitsvermindernd, letztere erregbarkeitserhöhend.[1]) Sind irgendwo Nerven in einem erhöhten Zustande von Reizbarkeit, z. B. an entzündeter Haut, so kann schon leichte Erwärmung momentan Schmerz erregen, während Abkühlung denselben sogar sistirt. Es ist danach nicht schwer verständlich, dass es Nervenenden giebt, welche durch Erwärmung geringsten Grades schon in Erregung versetzt werden (Wärmenerven), während sie gegen Abkühlung nicht reagiren. Wohl aber erscheint es als ganz merkwürdig, dass es nun auch Nervenenden giebt, welche durch die sonst erregbarkeitsvermindernde Abkühlung in Erregung versetzt werden, während die sonst erhöhende Erwärmung ohne Wirkung auf

[1]) Grützner, Ueber verschiedene Arten der Nervenerregung. Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XVII.

sie bleibt. Da nun aber, wie das Phänomen des Menthols zeigt, die Kältenervenenden in der That anders constituirt sind als die Wärmenervenenden, so könnte man sich vorstellen, dass die Constitution der Nervenenden es mit sich bringt, dass dieselben ebenso, wie sie gegen den chemischen Reiz des Menthols ganz besonders reagiren, auch für die verdichtende Wirkung der Abkühlung vorzugsweise reizbar sind. Man müsste die Ursache wohl in einer eigenthümlichen molecularen Structur suchen, in Folge deren das Nervenende nach der Seite der Verdichtung hin sehr leicht das Gleichgewicht des Ruhezustandes verliert. Jede Erwärmung wird dieser kritischen Grenze der Verdichtung entgegenarbeiten und damit zu einer reizenden Einwirkung ausser Stande sein.

Es soll hiermit weiter nichts gesagt sein, als dass gewisse Anhaltspunkte existiren, um für das differente Verhalten der Kälte- und Wärmepunkte gegenüber den adäquaten Reizen die Constitution der Nervenenden selbst heranzuziehen. Wenn dies schwierig vorzustellen erscheint, so muss daran erinnert werden, dass die fraglichen Endapparate doch auch eben nicht anders vorzustellen sind, als von differenter physikalischer oder chemischer Constitution, vermöge deren die einen durch Abkühlung, die anderen durch Erwärmung und zwar je ausschliesslich, verändert werden müssten. Wenn aber die vorgetragene Annahme gegen die Lehre von der Gleichartigkeit der Nerven verstösst, so ist doch gerade über die Nervenenden in dieser Beziehung sehr wenig festgestellt. Vielleicht werden einmal Färbemethoden gefunden, welche eine chemisch differente Constitution der verschiedenen Nervenenden ad oculos demonstriren.

Beziehung der Tastkörperchen zu den Drucknerven.

Von ganz besonderem Interesse für die Frage der Endapparate ist der Umstand, dass an den Druckpunkten keine Tastkörperchen gefunden wurden. Dies dürfte ein Licht auf die wahre Bedeutung dieser Gebilde werfen. Dass dieselben zum Tastsinn in gewisser Beziehung stehen, ist zweifellos, denn sie finden sich in ganz hervorragender Weise an den besonders zum Tasten eingerichteten Stellen und Gegenden des Körpers. Es fragt sich nur, welcher Art diese Beziehung ist. Da muss nun zunächst darauf hingewiesen werden, dass eine eigene Kategorie von Nerven oder etwa von Sinneswahrnehmungen an den Tastflächen nicht existirt. Das Tasten stellt eine Combination von Druckempfindung mit Ortsempfindung dar, bei welcher auch das Muskelgefühl eine zweifellose Rolle spielt. Druck- und Ortssinn finden sich nun auf der

ganzen Hautoberfläche, als specifische Eigenschaft der Druckpunkte. Der Unterschied der Tastflächen gegen die übrige Haut ist nur ein quantitativer, die Druckpunkte stehen dort eben viel dichter. Da nun ein Druckpunkt, wie ich gezeigt habe, an und für sich eines Tastkörperchens nicht benöthigt, so kann letzteres weder für die Druckempfindung noch die Ortswahrnehmung eine integrirende Bedeutung haben.

Es giebt jedoch ein anderes Moment, welches allerdings einen Unterschied der Tastflächen gegen die übrige Haut des Körpers repräsentirt. Die Hand soll äusserst feine mechanische Reize wahrnehmen und ist zugleich den allergröbsten Insulten ausgesetzt; während sie arbeitet, ist sie zugleich Sinneswerkzeug. Man denke, welchen Druckwirkungen die subepithelialen Nervenausbreitungen des Arbeiters, Turners ausgesetzt sind. Und eben dieselben Nerven sollen wieder als hervorragend empfindliches Sinneswerkzeug functioniren. Die dicke Hornschicht gerade derjenigen Regionen, welche vorwiegend als Tastflächen benutzt werden, kündigt dies eigenthümliche Verhältniss an. Was könnte hier nun näher liegen, als sich vorzustellen, dass die Tastkörperchen Schutzorgane der Nervenenden darstellen? Nach der eben angestellten Betrachtung müssen wir Vorrichtungen, welche die für die Sinnesthätigkeit bestimmten Nerven gegen gröbere Insulte schützen, geradezu postuliren. Da man nun gerade an diesen in Frage kommenden Nerven die Endigung mit eigenthümlichen Gebilden, eben den sogenannten „Tastkörperchen“, versehen findet, so ist nichts natürlicher, als die letzteren für die Erfüllung des Postulates in Anspruch zu nehmen. Auch das gleichweise Vorkommen der Tastkörperchen an Händen und Füssen sowie bei Affen spricht dafür, dass dieselben zunächst nichts mit dem Grade von Tastfeinheit zu thun haben, welchen wir gerade an der Hand erworben haben, sondern mit der Verwendung der Extremitäten zur Arbeitsleistung. Auch ist das numerische Verhältniss der Tastkörperchen der Feinheit des Drucksinnes (Tastsinnes) nicht entsprechend, z. B. befinden sich an der Zungenspitze weniger Tastkörperchen als an den Fingerspitzen, obwohl das Tastvermögen an der Zunge feiner ist.

Neuer Beweis für die Analgesie der Temperaturnerven.

Es ist schliesslich noch darauf hinzuweisen, dass in den geschilderten Untersuchungen ein neuer Beweis der specifischen Energie der Sinnesnerven enthalten ist. Denn bei exstirpirten Temperaturpunkten, an welchen der Stich mit der Nadel absolute Schmerzlosigkeit erwiesen hatte, sieht man relativ starke Nervenfasern direct gegen den Stichkanal

heranziehen. Wenn letztere überhaupt schmerzempfindlich wären, so hätten sie sicher schmerzhaft erregt werden müssen. Da dies nun nicht geschah, so ist daraus zu entnehmen, dass diese vorliegenden Nerven nur Temperaturempfindung zu leiten im Stande sind. Damit ist meine früher ausgesprochene Behauptung, dass die Temperaturnerven nicht fähig seien, Schmerzempfindung zu produciren, in der stringentesten Weise bewahrheitet.

Resumé.

Ueberschauen wir die positiven Resultate der Untersuchung, so erscheinen dieselben als im Ganzen bescheiden und bleiben vielleicht hinter den Erwartungen zurück, welche man an die nach ihrer Art zu den weitgehendsten Hoffnungen berechtigende Methode knüpfen sollte. Dies gilt namentlich bezüglich der Endigungen der Nerven sensu strictiori. Die Ursache hiervon liegt lediglich in unseren unzulänglichen Mitteln, die feineren Nerven sichtbar zu machen. Dennoch glaube ich, dass die geschilderten Beobachtungen für die weitere Forschung auf diesem Gebiet in mehreren Beziehungen fruchtbringend sein werden. Als die mir am wichtigsten erscheinenden Punkte möchte ich folgende hervorheben:

1. Die gesicherte Erkenntniss von der Verbreitung der Nerven in Innervationsebenen und von der Möglichkeit, letztere durch die Sensibilitätsprüfung an der lebenden Haut festzustellen.

2. Die Thatsache, dass den sogenannten Sinnespunkten der Haut Anhäufungen von Nerven entsprechen, dass also die discontinuirliche Anordnung der Sinnesqualitäten in empfindlichen Punkten eine nachweisbare nervenanatomische Grundlage hat.

3. Die weitere Thatsache, dass je ein System solcher „Punkte" in ihrer Zugehörigkeit zu je einer Innervationsebene eine verbindende Einheit findet und dass damit ein causales Verständniss für das überraschende und merkwürdige Factum der Temperatur- und Druckpunkte gewonnen ist.[1])

4. Die tiefer in das Wesen der „Punkte" eindringende Erkenntniss, dass dieselben histologisch eigentlich kleinste innervirte Flächen darstellen, welche, besonders bei den Druckpunkten, eine ganz vorwiegend

---

[1]) Ich kann es mir nicht versagen, hierbei darauf hinzuweisen, dass ich von Anfang an Blix gegenüber, welcher die Punkte als unregelmässig verstreut schilderte, den Standpunkt von einem ganz bestimmten Typus der Anordnung vertreten habe Dieser Anschauung ist jetzt gewissermaassen der Boden verliehen.

längliche Ausdehnung besitzen. Die Bezeichnung als „Punkte", welche an und für sich die Vorstellung involviren könnte, als handele es sich entweder wirklich um singuläre innervirte Punkté oder um innervirte Flächenstücke von rundlicher Gestalt, braucht deshalb nicht geändert zu werden, ist jedoch überhaupt nur als Ausdruck des Gegensatzes zum empfindenden Continuum aufzufassen.

5. Die Bestimmung der Cutisgrenze als der Schicht, in welcher die Nervenendigungen zu suchen sind. Zugleich die Feststellung der Unsicherheit, welche bezüglich der Realität der Epidermisnerven noch besteht, und das neue in diese Frage eingeführte Kriterium, welches ein nachweisbares Verhältniss jeder Art von Epidermisnerven zu den Sinnespunkten postulirt.

6. Die Einseitigkeit der Frage nach der letzten Endigung und die Bedeutung der Endausbreitung neben jener. Die charakteristischen und der Deutung sehr wohl fähigen Eigenheiten der Endausbreitung einerseits der Drucknerven, andererseits der Temperaturnerven.

7. Die Erkenntniss, dass der heutige Stand der Physiologie der cutanen Sinne mit consequenter Nothwendigkeit die Untersuchung mittelst Schnittserien erheischt, während diejenige willkürlich ausgewählter Schnitte demselben nicht mehr entspricht. Der Exstirpation von Sinnespunkten wird es bei der weiteren Forschung vielleicht nicht mehr bedürfen. Man wird auch ohne dieselbe nach den gegebenen Merkmalen Längsschnitte der Sinnespunktketten finden, und damit die Basis für die Untersuchung der Endigungen der Sinnesnerven.

Meine Untersuchungen sind auf der histologischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Institutes, unter wohlwollender Unterstützung durch Herrn Professor Fritsch, welchem ich hiermit meinen wärmsten Dank ausspreche, angestellt. Die in Anwendung gezogene Vergoldungsmethode ist eine Modification der Mays'schen Verfahrens, welche von dem Assistenten des Institutes, Herrn Dr. Benda, gefunden worden ist. Dieselbe hat sich von mehreren meinerseits versuchten Methoden am besten bewährt.

9.

Ueber die specifische Wirkung des Menthols auf die Temperaturnerven.

(Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin. 1885—1886. Nr. 10 und 11.)

Das Menthol hat unter der Form des „Migränestiftes" Popularität erlangt, und es ist bekannt, dass, wenn man mit demselben die Stirn bestreicht, nach kurzer Zeit ein lange anhaltendes Kältegefühl dort entsteht. Es herrscht im Allgemeinen die Vorstellung, dass dieses einer objectiven Abkühlung der Haut, durch Abdunstung des Menthol's, seinen Ursprung verdankt. Dies liegt um so näher, als der eigenthümliche Geruch und die beissende Empfindung in den Augen eine Verflüchtigung des Menthol anzeigt. Ich habe nun gefunden, dass dieses Kältegefühl lediglich durch eine directe chemische Erregung der Kältenerven zu Stande kommt.

Der Beweis hierfür ist in folgenden Beobachtungen gelegen: 1. An einer umschriebenen Stelle der Haut wird die locale Hauttemperatur gemessen. Sodann wird Menthol eingerieben und das Thermometer wieder applicirt. Nach einigen Secunden beginnt ein leises Kältegefühl, welches stärker und stärker wird. Gleichzeitig aber bemerkt man keineswegs ein Sinken des Thermometers, sondern vielmehr ein Steigen. Letzteres dürfte durch das Einreiben als solches veranlasst sein, denn Parallel-Versuche mit Einreibung von Menthol-Lanolin und blossem Lanolin ergaben beiderseits eine Temperatur-Erhöhung um 1—2° C.

Beispiel: An der Vola des linken Unterarmes wird eine ein Zehnpfennigstück grosse Stelle umschrieben, Temp. 30,7° C. Menthol-Lanolin eingerieben. Sofort wieder das Thermometer applicirt. Dasselbe steigt schnell über die alte Grenze hinaus; als es bei 31,6° C. angelangt ist, entsteht eine immer wachsende Kälteempfindung. Während

dessen steigt das Quecksilber weiter, um bei 32,6° C. einzuhalten; 1/4 Sunde später misst die Stelle 30,5° C.

2. Mit der Kälteempfindung ist zugleich eine wirkliche Hyperästhesie für Kältereize vorhanden. Dinge, welche sonst ein indifferentes oder ein ganz schwaches kühles Gefühl verursachen, erregen an der mentholisirten Haut starke Kälteempfindungen, z. B. der eigene Finger. Stärker Wärme ableitende Gegenstände, wie Metall, erwecken eine höchst intensive Kälteempfindung, welche nach dem Entfernen des Reizes von einer lange dauernden Nachempfindung gefolgt ist.

Diese Hyperästhesie lässt sich messbar nachweisen durch die Erhöhung der Kälte-Reizschwelle sowie durch die für gegebene Kältereize gesteigerte Empfindungs-Intensität.

Beispiel: An der Stirn werden zwei entsprechend liegende Stellen rechts und links geprüft, sodann die rechte mit Menthol-Lanolin eingerieben. Zur Prüfung wird ein Reagensglas benutzt, welches etwas Wasser und ein bis auf den Boden reichendes Thermometer enthält.

Reiz-Temper. C.	Rechts	Links.
30°	Indifferent.	
29,5°	Eben merkliche Kühle.	
29°	Ziemlich deutliche Kühle.	Noch deutlichere Kühle als rechts.
	Menthol-Lanolin eingerieben.	
31°	Eben merkliche Kühle.	Indifferent.
30°	Deutliche Kühle.	Indifferent.
29°	Starke Kühle.	Ziemlich deutliche Kühle.

Die Erhöhung der Kältereizschwelle hängt natürlich lediglich von der durch die Reibung gesteigerten Eigentemperatur ab. Dagegen kann die nebenher bestehende grosse Empfindlichkeit — welche sich im Beispiel darin documentiert, dass ein 2° C. unter der Reizschwelle gelegener Kältereiz eine „starke Kälteempfindung“ erzeugt — nur auf einen gesteigerten Erregbarkeitszustand bezogen werden.

Ein weiterer Beweis des bestehenden hyperästhetischen Zustandes liegt in folgender Versuchsordnung: Die Temperatur-Empfindlichkeit zeigt, wie ich früher nachgewiesen habe, bedeutende locale Verschiedenheiten; dieselben lassen an einer grossen Anzahl von Stellen eine gewisse Constanz erkennen und man kann letztere geradezu in einer Art von Skala gruppiren, wie ich dies auch, um den Temperatursinn bei Nervenkranken zu untersuchen, ausgeführt habe. So wird man z. B. einen beliebigen Kältereiz stets an der Glabella schwächer als in der Mittellinie der Stirn, in dieser schwächer als über der Mitte der

Augenbraue, hier wieder schwächer als am Canthus externus des Auges empfinden u. s. w. Reibt man nun in eine schwächer empfindende Stelle Menthol ein, so kann man sich überzeugen, dass dieselbe jetzt einen höheren Rang in der Skala einnimmt; die Glabella z. B. nahm dabei eine solche Kälteempfindlichkeit an, dass Kältereize von ihr ebenso stark empfunden wurden als über der Mitte der Augenbraue. Durch die blosse Erhöhung der Eigentemperatur um 1—2° C. kann eine derartige Veränderung nach meinen sonstigen Erfahrungen aber nicht bedingt sein.

Die erregende Kraft des Menthol's ist so gross, dass sie im Stande ist, künstlich unempfindlich gemachte Kältenerven zur normalen oder übernormalen Empfindlichkeit zurückzuführen. Es gelingt durch Einreiben 5-procentiger Carbolsäure leicht die Haut gegen Temperaturreize unempfänglich zu machen. Die Versuchsanordnung war folgende: Der dicht über der Augenbraue liegende Theil der Stirn ist kälteempfindlicher als der obere Theil derselben. Es wird nun gegen die rechte Stirnhälfte ein mit 5-procentiger Carbolsäure getränkter Wattebausch gepresst, bis ein Metallcylinder von ca. 15° Temperatur an der oberen Hälfte garnicht, an der unteren schwach kühl wahrgenommen wird. Jetzt wird in die obere Hälfte Menthol eingestrichen. Nach ca. 3 Minuten erweckt der Cylinder auf dem mentholisirten Gebiet eine merkliche Kälteempfindung; dieselbe wird schnell stärker, und 1 Minute später ist sie sehr intensiv, während der untere Theil der Stirn, welcher nicht mentholisirt war, immer noch eine schwache Kälteempfindung giebt.

Ist die Haut aber dadurch unempfindlich für Kälte geworden, dass die Leitung in den Nervenstämmen beeinträchtigt ist, so wird diese Unempfindlichkeit durch Menthol nicht gehoben. Die Störung der Leitung kann man in ausgezeichneter Weise durch Cocain herbeiführen. Injicirt man solches (in 5—10-procentiger Lösung) subcutan in der Nähe stärkerer sensibler Nervenstämmchen, so tritt nicht blos in loco, sondern über das ganze Ausbreitungsgebiet hin eine Herabsetzung der Sensibilität ein. Diese äussert sich für den Temperatursinn stärker, als für den Druck- und Schmerzsinn.

Beispiel: Am linken Unterarm wird an einer geeigneten Stelle eine Cocaininjection gemacht. Sehr bald entwickelt sich über ein grosses Gebiet hin eine absolute Anästhesie für Temperaturreize. Die Gestalt des anästhetischen Gebietes ist elliptisch, parallel der Längsaxe des Gliedes; die oberste Stelle desselben nimmt der locus injectionis ein. Innerhalb des Gebietes wird Menthol eingerieben. Es erfolgt keine Restitution der Kälteempfindlichkeit bis zum Ablauf der Cocainerscheinungen.

Macht man den Versuch umgekehrt (erst Menthol, dann Cocain),

so verschwindet das starke Kältegefühl unmittelbar nach der Injection des Cocain's.

Das Menthol bringt die Kältenerven in einen Zustand, welcher demjenigen der Abkühlung geradezu entgegengesetzt ist. Bei letzterer nämlich ist nicht blos die Reizschwelle erniedrigt, sandern auch die Erregbarkeit direct herabgesetzt. Ein kalter Gegenstand erscheint auf der abgekühlten Haut weniger kalt als auf der normalen. Man kann dies Verhältniss quasi ad oculos demonstriren in folgender Weise: Die eine Stirnhälfte wird mentholisirt. Ein Finger wird sodann so lange in Wasser von 15° gehalten, bis er dasselbe nicht mehr kalt fühlt. Hält man jetzt den schnell abgetrockneten Finger gegen die normale Stirnhälfte, so hat man ein starkes Kältegefühl — gegen die mentholisirte Hälfte, ein noch stärkeres — taucht man ihn in das Wasser, gar keines. Die Verschiedenheit der Zustände der abgekühlten und der mentholisirten Haut geht hieraus deutlich hervor.

3. Man kann schliesslich die Vorstellung einer Verdauungskälte noch dadurch abfertigen, dass man die Verdunstung aufhebt. Wenn man Menthol-Lanolin in eine Stelle der Wange einreibt und dann schnell mit einem fest in die Haut eingedrückten Uhrglas bedeckt, so entwickelt sich unter demselben Kältegefühl. — Wenn man eine breite Korkscheibe, welche in der Mitte mit etwas Menthol-Lanolin bestrichen ist, fest gegen die Stirn drückt, so entsteht ebenfalls Kälteempfindung. — Besonders beweiskräftig erscheint mir folgende Versuchsanordnung: Ich hielt gummirten Stoff, welcher in der Mitte mit Menthol-Lanolin bestrichen war, gegen die Fossa canina meines Gesichts. Während nun das Auge nichts von einer beissenden Empfindung hatte, entwickelte sich an der bedeckten Stelle Kältegefühl; sobald der gummirte Stoff abgenommen wurde, trat Stechen im Auge auf, als Zeichen der jetzt erst beginnenden Ausdunstung. Allerdings ist das Kältegefühl bei derartigen Versuchen nie sehr stark, dies kommt jedoch daher, dass für die Mentholwirkung das Eindringen in die Poren durch Verreibung wesentlich ist, was bei blossem Pressen nicht so erreicht wird.

4. Zugleich mit dem Kältegefühl tritt auch ein Stechen, Prickeln, Brennen, kurz eine Sensation der Gefühlsnerven auf. Diese ist an sehr empfindlichen Theilen so erheblich, dass sie schmerzhaft wird. Mentholisirt man eine durch Berührung mit Eis kälte-anästhetisch gemachte Stelle der Stirn, so fehlt die Kältesensation zunächst ganz und man hat blos eine solche der Gefühlsnerven. Diese Sensation kann nur durch eine chemische Reizung bedingt sein, und es ist daher kein Grund, eine solche für die Kältenerven abzulehnen.

Eine absolute Gewissheit hierüber giebt nun aber der Umstand, dass

das Menthol auch auf die Wärmenerven erregend wirkt. Man kann dies nur an solchen Stellen nachweisen, welche eine exquisite Wärmeempfindlichkeit besitzen. Am geeignetsten erscheinen mir die Augenlider sowie die Vola des Unterarms unter dem Cubitalgelenk. An solchen Stellen bemerkt man nach Mentholisirung ein markantes Hitzegefühl, mit Kälte wechselnd oder auch allein vorherrschend. Auch ist es möglich, eine Hyperästhesie für Wärmereize nachzuweisen.

Beispiel: An der Vola des Unterarms werden zwei Kreise umzeichnet, *A* und *B*. Beide sind sehr wärmeempfindlich, *A* jedoch mehr als *B*. Nun wird in *B* Menthol-Lanolin eingerieben. — Nach einiger Zeit — es dauert am Arm länger als an der Stirn — eine warme, sich immer mehr steigernde Sensation. Zugleich erregt der erwärmte Cylinder, ob stark ob schwach warm, in *B* eine stärkere Wärmeempfindung als in *A*. Der Unterschied wird schliesslich so deutlich, dass derselbe Cylinder, welcher in *A* ein einfach warmes Gefühl giebt, in *B* eine schwellende heisse Empfindung erregt.

Immerhin ist mir dieser Versuch nur sehr selten gelungen, und das gewöhnliche Verhalten ist so, dass man die Wärmeempfindlichkeit bald nach der Mentholisirung unverändert oder vermindert findet, während noch die Kälte-Hyperästhesie besteht.

Eine Erhöhung der Druck- und Schmerzempfindlichkeit habe ich nicht bemerkt.

Der schliessliche Ausgang der Menthol-Application ist eine Herabsetzung der Empfindlichkeit: Temperaturreize werden sehr schwach oder garnicht mehr empfunden, die Druck- und Schmerzempfindlichkeit wird vermindert, aber nicht aufgehoben.

Menthol erregt sonach die Hautsinnesnerven, um sie dann zu lähmen. Seine erregende Wirkung hat eine ganz besondere Affinität zu den Kältenerven, weit weniger zu den Wärmenerven.[1]) Diese Thatsache giebt einen neuen Beweis für die gesonderte Existenz kälte- und wärmeleitender Nerven.

Es erwächst aus dem Verhalten des Menthol's ein gewisses Verständniss für die chemisch-elective Wirkung der Geruchs- und Geschmackreize. Das Gesetz der specifischen Energie verlangt hier, dass gewisse chemische Stoffe nur die einen, gewisse andere nur die anderen Nervenfasern erregen. Hierzu ist eine Art von chemischer Differenzirung der Nervenendigungen resp. der mit ihnen zusammenhängenden Gebilde

[1]) Dem entsprechend möchte auch die durch Ol. menth. pip. hervorgerufene kühlende Empfindung in der Mundhöhle weder durch eine abkühlende noch durch eine adstringirende Wirkung desselben, sondern durch seine direct die Kältenerven erregende zu erklären sein.

erforderlich. Wie man sieht, findet dies sein Analogon, wenn auch ein nicht ganz vollkommenes, in der besonderen Affinität des Menthols zu den Kältenerven-Endigungen.

Uebrigens steht diese Unabhängigkeit der Kältenerven von den Wärmenerven nicht mehr ohne Beispiel da. Herzen hat gefunden — und ich kann seine Versuche nur bestätigen — dass bei „eingeschlafenen" Gliedern, also durch Nervendruck, die Leitung für die Kälteempfindungen aufgehoben sein kann, während diejenige für die Wärmeempfindungen noch besteht.

10.

Die Wirkungen des Cocains und anderer Anästhetica auf die Sinnesnerven der Haut.

Monatshefte für Praktische Dermatologie V. Band. 1886. Nr. 2.

Bei der bekannten Wirkung des Cocains als localen Anästheticums musste es von Interesse sein, nachzuforschen, wie sich diese Wirkung zu den verschiedenen Qualitäten der Hautnerven stelle, nämlich zu den Kälte-, Wärme-, Gefühls- und Drucknerven. Ehe ich jedoch auf die Beobachtungen über Cocain eingehe, möchte ich mit einigen Worten die früher (in Monatsheften f. Prakt. Dermatologie 1884, Nr. 7—10 und 1885, No. 1. Dieser Band S. 53) gemachten Mittheilungen bezüglich der Hautsinnesnerven noch vervollständigen.[1]) Beim Studium der Temperaturpunkte hatte sich gezeigt, dass nur diejenigen Punkte der Haut temperaturempfindlich sind, welche von einem Kälte- oder Wärmenerven innervirt werden. Da sonach der Temperatursinn discontinuirlich angelegt ist, so wird ein flächenhafter Temperaturreiz von geringer Ausdehnung bald viele, bald wenige, ja auch gar keine innervirten Punkte treffen, und da die jeweilige Temperaturempfindlichkeit von diesem Umstande in der directesten Weise abhängen muss, so werden wir den besagten Flächenreiz unmittelbar neben einander bald stark, bald schwach, bald überhaupt nicht wahrnehmen. Wenn sonach die Empfindung kleiner Reizflächen lediglich von der localen Innervation ressortirt, so sollte man meinen, dass grösseren Flächen gegenüber das Discontinuirliche der empfindlichen Punkte sich nicht geltend machen wird. Allein es hat sich gezeigt, dass auch diese ausgedehnteren Reize Temperaturempfindungen von der denkbar grössten Verschiedenheit der

---

[1]) Vergl. Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven. Archiv f. Anat. u. Phys. Supplementband. 1885. Dieser Band S. 107.

der Intensität und Deutlichkeit je nach dem Orte ihrer Application erwecken. Und auch diese haben nur sehr wenig mit den Verhältnissen der Leitung zu thun, sind vielmehr ebenfalls durchaus von der localen Innervation abhängig. Man kann überall constatiren, dass dort, wo die bekannten, anatomisch benannten Hautnerven in die Haut eintreten und sich in derselben zu verbreiten beginnen, eine lebhaftere Entwickelung des Temperatursinnes Platz greift und nach den Grenzen ihrer Verbreitungsbezirke hin abnimmt, um in den Interstitien zwischen den verschiedenen Innervationsterritorien einer fast völligen Anästhesie zu weichen. Am besten überzeugt man sich hiervon, wenn man warme Flächenreize auf die Haut der Kopfschwarte applicirt, wo man dann zwischen den Endausbreitungen des N. auriculo-temporalis, N. frontalis und N. occipitalis major grosse, öde Lücken findet. Wie die Temperaturnerven bald dünn, bald reichlich gesät sind, kann man aus den topographischen Verschiedenheiten in der Dichtigkeit der Temperaturpunkte entnehmen, welche die denkbar grössten Schwankungen zeigt, je nach der Stellung, welche der geprüfte Ort zu den Nervenausbreitungsbezirken einnimmt. So ist die Temperaturempfindlichkeit discontinuirlich nicht blos bezüglich des eigenthümlichen punktförmigen Innervationstypus, sondern auch im Grossen bezüglich der Schwankungen des regionären Nervenreichthums. Weiterhin hat sich nun ergeben, dass der Wärmesinn überall intensiv und extensiv geringer angelegt ist als der Kältesinn. Die kälteempfindlichen Fasern eines Nervenstammes bedecken einen grösseren Flächenraum als die wärmeempfindlichen, während von dem kleineren wärmeempfindlichen Bezirk nun erst ein noch kleinerer gut Wärme empfindet. Im Verein mit der schon früher gemachten Mittheilung, dass die Wärmepunkte weniger dicht stehen als die Kältepunkte, lässt dies darauf schliessen, dass es überhaupt weniger Wärmenerven gebe als Kältenerven. — Dasselbe topographische Gesetz zeigt sich auch für den Druck- und Ortssinn, ja für den Kitzel und Schmerz. Die regionäre Ausbildung dieser Qualitäten geht Hand in Hand im Grossen und Ganzen mit der des Temperatursinnes. Daneben aber besteht gleichzeitig eine deutliche Reciprocität der specifischen Temperaturnerven gegenüber den specifischen Drucknerven, bezüglich ihres gegenseitigen Nervenreichthums in den verschiedenen Regionen des Körpers.

Da die Einwirkung des Cocains auf die Berührungs- und Schmerzempfindungen bekannt ist, so richtete sich das Hauptinteresse zunächst darauf, ob die Temperaturempfindungen überhaupt vom Cocain betheiligt werden. Dasselbe wurde meist in 10 $^0/_0$iger Lösung verwendet und mit den Hautsinnesnerven auf drei verschiedene Weisen in Contact

gebracht: einmal nämlich durch Application auf Zunge, Mundschleimhaut, Nasenschleimhaut, Conjunctiva; dann auf Hautstellen, welche mittelst Collod. canthar. ihrer Hornschicht entledigt waren; endlich mittelst subcutaner Injectionen.

Pinselt man die genannte Lösung auf Zunge, Mund- oder Nasenschleimhaut, so tritt nach kurzer Zeit eine eigenthümliche Sensation ein, ungefähr so als ob die betreffende Stelle anschwölle, welche ihren Höhepunkt in einem pamstigen Gefühl erreicht. Hat die Sensation begonnen, so findet sich bei der Prüfung die Temperaturempfindlichkeit abgestumpft. Ich pflege dieselbe mit dem breiten Ende desselben Messingcylinders zu prüfen, welcher zum Aufsuchen der Temperaturpunkte dient. Vor dem Auftreten der Sensation ist keine Veränderung der Empfindlichkeit vorhanden. Jetzt aber nimmt dieselbe rapide ab, bis nach kurzer Zeit völlige Anästhesie für kalt und warm besteht. Während die spontane Sensation nun verschwindet, bleibt die Anästhesie bestehen. Es ist sehr frappant, wie nun mit einem Male weder Kälte- noch Wärmereize, und seien es die stärksten, eine Empfindung ihrer selbst verursachen. Die Zeit, welche bis zur völligen Temperaturanästhesie verstreicht, ist verschieden und scheint hauptsächlich von der Dicke der zu durchdringenden Schicht abzuhängen; an der Zunge dauert es gewöhnlich einige Minuten, viel schneller geht es bei wund gemachter Haut. Nachdem die Temperaturanästhesie eine Zeitlang eine vollständige gewesen ist, beginnt sie allmälig nachzulassen; starke Temperaturreize erwecken jetzt ein schwaches Gefühl; durch erneute Prüfungen in gewissen Pausen ist die stetige Zunahme leicht zu constatiren; die Empfindlichkeit scheint für Kälte und Wärme gleichmässig zurückzukehren. Allein es giebt Verhältnisse, welche eine ungleichmässige Betheiligung der Kälte- und Wärmeempfindlichkeit vortäuschen; viele Stellen nämlich, wie ich schon früher hervorgehoben habe, zeigen eine nicht übereinstimmende Ausbildung des Kälte- und Wärmesinnes, indem physiologisch bei ihnen der eine von beiden überwiegt; an solchen Stellen kann sowohl im Stadium der Abnahme der Empfindlichkeit wie in dem der Restitution der Eindruck vorgetäuscht werden, als sei die eine Qualität der Temperaturempfindung mehr betroffen als die andere. Speciell an der Zunge ist die Wärmeempfindlichkeit eine so gering entwickelte, dass man bei dem Versuch lediglich die Kälteempfindlichkeit berücksichtigen kann.

Der zeitliche Verlauf der Temperatursinnesstörung entspricht ganz derjenigen der anderen Sinnesqualitäten; sie alle machen gemeinschaftlich diese rapide Abnahme der Erregbarkeit, das Akmestadium und die langsame Zunahme durch, und unser Interesse könnte befriedigt sein,

wenn es sich nicht noch darum handelte, das Maass der Störung, welches auf jede Qualität kommt, festzustellen. Zu diesem Behuf müssen wir auf den Verlauf auch bei den anderen Qualitäten einen Blick werfen.

Dass das Kitzelgefühl absolut aufgehoben ist, dürfte bekannt sein. Es scheint am allermeisten durch das Cocain beeinflusst zu werden und wird zu allerletzt erst restituirt. Man studirt dasselbe am besten an der sehr kitzelempfindlichen Nasenschleimhaut. Während man an der cocainisirten Nasenschleimhaut unter Umständen selbst feine Berührungen noch wahrnimmt, fehlt das höchst unangenehme Kitzelgefühl vollständig. Auch die stärkeren, der Schmerzgrenze sich nähernden Sensationen der Gefühlsnerven sind in bekannter Weise abgestumpft. Salmiakdämpfe bewirken keinen Reiz in der cocainisirten Nasenhöhle; beim Einziehen von kaltem Wasser fehlt das unangenehme schneidende Gefühl, welches man sonst hat; ebenso wie das prickelnde Stechen, welches in den Conjunctivalsack geträufeltes Wasser sonst producirt, bei Cocainisirung des ersteren fehlt.

Das eigentliche Schmerzgefühl wird zwar ebenfalls herabgesetzt, jedoch hier ergiebt sich schon ein wesentlicher Unterschied. Denn während das Temperaturgefühl absolut aufgehoben ist, werden Schmerzreize bei genügender Stärke stets noch percipirt. Man kann z. B. an der Zunge sehr leicht einen Zustand produciren, bei welchem Temperaturen in keiner Weise wahrgenommen werden, Nadelstiche jedoch ein — wenn auch etwas dumpfes — so doch immerhin schmerzhaftes Gefühl verursachen. In der exactesten Weise kann man dies mittelst des inducirten Stromes feststellen, indem man als Zungenelectrode eine Nadel benutzt. Ist z. B. die rechte Hälfte der Zungenspitze cocainisirt worden, so bedarf man, um Schmerz zu produciren, rechterseits eines stärkeren Stromes als links — aber man producirt ihn doch schliesslich. Im Uebrigen ist der Unterschied der Schmerzempfindlichkeit keineswegs erheblich. Zu berücksichtigen ist hierbei übrigens — was auch bei den klinischen Prüfungen mit der Nadelspitze nie beachtet wird —, dass es durchaus nicht gleichgültig ist, welchen Punkt der Fläche man reizt. So muss man an der Zunge die Schmerzempfindlichkeit an den Papillae fungiformes prüfen, welche, ebenso wie für den Geschmackssinn, so auch für den Gefühlssinn physiologische Sinnespunkte darstellen und eine so hervorragende Empfindlichkeit besitzen, dass die ganze Zungenfläche analgetisch sein kann, während die Papillen recht wohl Schmerz wahrnehmen.

Aehnlich wie die Schmerzempfindlichkeit verhält sich nun der specifische Drucksinn überhaupt gegenüber dem Cocain. Ist die eine

Zungenhälfte cocainisirt, so wird beim Aufsetzen des kalten Cylinders keine Spur von Kälte, wohl aber die Berührung gefühlt. Zwar erscheint die letztere dumpf, pelzig, während das Gefühl auf der intacten Hälfte ein lebhaftes ist, aber sie ist doch wahrnehmbar. Jedoch werden nicht alle Berührungen empfunden; die schwächsten Reize, bis zu einer gewissen Grenze, sind nicht mehr im Stande, eine Erregung herbeizuführen. Gerade die Zunge gestattet es, diese Verhältnisse in der schönsten Weise zu studiren. Berührt man dieselbe nämlich mit der Nadel, so entsteht in Folge ihrer Weichheit an der Stelle des Contactes ein kleiner Trichter; man kann an der Tiefe des Trichters unmittelbar die Stärke des Druckes ersehen. An der cocainisirten Hälfte muss der Trichter eine gewisse Tiefe haben, damit überhaupt die Empfindung einer Berührung entsteht, während an der intacten Hälfte schon ein Gefühl zu Stande kommt, wo das Auge noch nichts sieht. Innerhalb des Conjunctivalsackes ist die Caruncula lacrymalis ziemlich stark temperaturempfindlich und zwar nach innen, sowie nach der Plica semilunaris hin mehr als auf ihrer Höhe. Ihre Reizung ist mittelst eines Messingcylinders mit langer, abgerundeter Spitze leicht zu bewerkstelligen. Auch hier kann man durch Cocain einen Zustand herbeiführen, in welchem die Berührung der Spitze, wenn auch sehr dumpf, gefühlt wird, während von einer Temperaturempfindlichkeit keine Spur mehr vorhanden ist.

An den Drucksinn ist das Ortsgefühl gebunden. Auch die Veränderungen dieses kann man gerade an der Zunge vortrefflich beobachten. Ich bediene mich zur Prüfung desselben kleiner ringförmiger Tastobjecte, bestehend in dünnwandigen Hülsen, von denen die grösseren

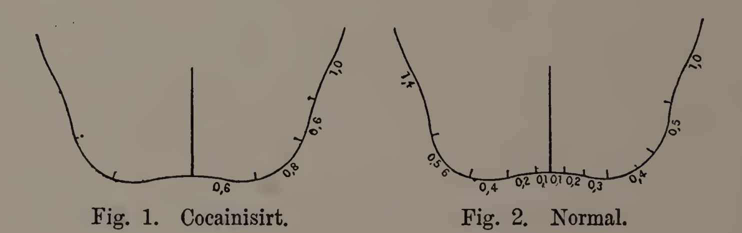


Fig. 1. Cocainisirt. Fig. 2. Normal.

aus Blech, die kleineren Fedpeɹssoɐ nen gefertigt sind. Man kann sich mittelst dieser bequemen Methode sehr leicht davon überzeugen, dass der Rand der Zunge einen von der Mittellinie der Spitze nach seitwärts sich mehr und mehr abstumpfenden Ortssinn besitzt. An der Spitze, unmittelbar an der Mittellinie, wird ein Ring von 0,1 cm Durchmesser eben als ein solcher, d. h. als mit einer Höhlung versehen erkannt. Ein wenig seitwärts davon wird erst ein Ring von 0,2 cm erkannt, sodann von 0,3, 0,4, 0,5—0,6 cm; hieran schliesst sich dann ein Gebiet viel

stumpferen Ortsgefühls, wo der nothwendige Durchmesser auf mehr als 1 cm steigt (Fig. 2). Uebrigens kommen in dieser Anordnung nicht nur individuelle Unterschiede, sondern auch solche der beiden Seiten vor. Skizzirt man nun die Ortssinnesverhältnisse der Zunge, wie es z. B. in Fig. 2 geschehen ist, und cocainisirt jetzt etwa den vordersten Theil der linken Hälfte des Zungenrandes, so zeigt sich bei der nun wieder vorgenommenen Prüfung mit Ringen das Bild gänzlich verändert. Die vor Application des Cocains so deutlich erkannten Ringe machen jetzt blos die Empfindung eines stumpfen Druckes, grössere Ringe die eines scheibenartigen Druckes. Jedoch ist der Ortssinn nicht ganz aufgehoben, denn bei einer gewissen Steigerung der Grösse der Ringe erhält man dann schliesslich doch wieder einen ringförmigen Eindruck (Fig. 1). So konnte einmal an der Zungenspitze vorn erst ein 1,0 cm-Ring als solcher wahrgenommen werden. Bezüglich des Verhältnisses zum Temperatursinn wurde beobachtet, dass, während ganz vorn an der Zungenspitze der 0,5 cm-Ring erkannt wurde, für Temperaturen noch vollständige Anästhesie bestand; als aber bei der Restitution der Sensibilität die Ortsempfindlichkeit bis zur Wahrnehmung des 0,3 cm-Ringes gediehen war, liess sich auch bereits wieder eine leichte Kälteempfindlichkeit constatiren. Man kann die am Zungenrande vorhandene Skala der Ortsempfindlichkeit so zu sagen umkehren, sodass beim Fortschreiten von vorn nach hinten der Ring deutlicher wird. Als bei einem der hierauf gerichteten Versuche die Einpinselung genau an der Mittellinie abgeschnitten hatte, wurde von einem gerade auf die Mitte der Spitze aufgesetzten 0,5 cm-Ringe sehr deutlich ein rechts gelegener Halbring gefühlt, der links in eine undeutliche Masse überging.

Wie man es also von vornherein vermuthen musste, leiden sämmtliche Qualitäten unter der lähmenden Wirkung des Cocains. Auch ist der Verlauf der zunehmenden, culminirenden und abnehmenden Anästhesie für alle derselbe, wenigstens konnten Unterschiede in dem zeitlichen Verlauf in constanter Weise nicht nachgewiesen werden. Allerdings kehrt die Kitzelempfindlichkeit im Allgemeinen viel später zurück als die anderen Empfindungen und vielfach, namentlich an der Zunge, kündigt sich die Restitution der Sensibilität für den Drucksinn früher an, als für den Temperatursinn. Jedoch ist hier einmal zu erwägen, dass durch die im Laufe des Versuchs ausgeführten Reizungen selbst wieder secundäre Störungen der Empfindlichkeit gesetzt werden und weiterhin, dass, da an der bis jetzt besonders exemplificirten Zunge physiologisch die Druck- und Ortsempfindlichkeit so sehr überwiegt über die Temperaturempfindlichkeit, es kein Wunder ist, wenn nun auch die Verhältnisse der Hypästhesie sich stärker für letztere geltend machen.

Damit ist zugleich der naheliegende Einwand berührt, dass die stärkere Einwirkung des Cocains auf den Temperatursinn aus dem angeführten Grunde nur eine scheinbare sei.

Es war deshalb nöthig, andere Stellen dem Versuch zu unterwerfen, welche gleichmässigere Verhältnisse der Innervation boten.

Am Vorderarm wurde über eine umschriebene Stelle zunächst eine Art Status bezüglich ihrer Temperatur- und Druckempfindlichkeit aufgenommen und dann mittelst Collod. canth. eine Blase gezogen. Nach Entfernung derselben hatten sich die Verhältnisse im Allgemeinen nicht geändert, nur dass Kitzel nicht producirt werden konnte. Ferner fiel bei Temperaturreizen zuweilen ein späteres Eintreten der Empfindung auf, wohl wegen verschlechterter Leitung in Folge von feuchter Durchtränkung; ebenso ist das Berührungsgefühl etwas abgeschwächt, jedoch markiren sich die Druckpunkte deutlich. Die Cocainlösung bringt hier sehr schnell eine Sensation hervor; nach etwa einer Minute wird Kälte und Wärme absolut nicht mehr gefühlt; die Druckpunkte sind bei sehr schwacher Berührung nicht mehr herauszufinden, wohl aber bei etwas stärkerer. Die Untersuchung der Druckpunkte wird sehr vereinfacht durch den früher erbrachten Nachweis von der Bedeutung der Haarinsertionsstellen für die Druckempfindlichkeit. Man findet auch an der wunden cocainisirten Haut die hervorragendste Empfindlichkeit an den Haarpunkten. Auch hier also, wo eine gut temperaturempfindliche Stelle ausgesucht worden war, stellte sich dasselbe Verhältniss zwischen Temperatur- und Druckempfindung her wie an der Zunge. — Eine andere bemerkenswerthe Erscheinung erregt jetzt hier unsere Aufmerksamkeit: bei Application des selbst nur wenig erwärmten Cylinders auf die cocainisirte Fläche entsteht eine schmerzhafte Sensation, ohne eine Spur von Wärmegefühl. Der Schmerz ist desto grösser, je höher der Wärmegrad ist, tritt aber in leichter Intensität schon auf, wenn blos der Finger applicirt wird, allerdings erst nach einer gewissen Zeit des Contactes. Sobald der berührende Gegenstand kühler ist als die Hautregion, tritt kein Schmerz auf, vielmehr ist der kalte Cylinder im Stande, den vorher erregten Schmerz momentan zu dämpfen. Mechanische Reizung producirt diese schmerzhafte Sensation nicht. Nun ist allerdings an der wunden Stelle überhaupt schon durch etwas geringere Wärmegrade Wärmeschmerz zu erregen, als an der intacten Haut, jedoch wird diese gesteigerte Empfindlichkeit noch um Vieles vermehrt durch Cocain, und zwar besonders kurz nach der Einwirkung desselben, während nach einiger Zeit die Hyperalgesie nicht mehr zu constatiren ist. Strahlende Wärme wirkt ebenso wie geleitete Wärme. Eine genauere Bestimmung dieser Verhältnisse ist in der folgenden Tabelle zur Darstellung gebracht.

Als Reizobject diente ein mit temperirtem Wasser gefülltes Reagensglas, welches ein bis auf den Boden reichendes Thermometer enthielt. Die Grade geben in C° den Stand des Thermometers an (s. Tabelle).

Es ist zur Tabelle zu bemerken, dass die Temperaturempfindung als solche vernachlässigt wurde, unter Sensation also nur diejenige des Gefühlssinnes zu verstehen ist.

C.°	Gesunde Haut.	Wunde Haut.	Cocainisirte Haut.
30,5	Keine Sensation.	Keine Sensation.	Keine Sensation.
32,5	—	—	Nach 10 Secunden ganz leichte, nicht schmerzhafte Sensation.
34,0	—	—	Nach 8 Secunden leichter Schmerz.
35,0	—	—	Nach 5 Secunden mässiger Schmerz.
36,0	—	—	Nach 4—5 Secunden mässiger Schmerz.
39,0	—	—	Nach 3—4 Secunden mässiger Schmerz.
42,0	—	—	Nach $1^1/_2$—2 Sec. heftiger Schmerz.
44,0	—	Nach 7 Secunden ganz leichter Schmerz.	Nach 1 Secunde heftiger Schmerz.
46,0	—	Nach 6 Sec. mässiger Schmerz.	Nach 1 Secunde heftiger Schmerz.
47,5	—	Nach 4 Sec. mässiger Schmerz.	
50,0	—	Nach 4 Secunden etwas stärkerer Schmerz.	
55,0	Nach längerer Zeit schwache, nicht schmerzhafte Sensation.	Nach 2—3 Sec. heftiger Schmerz.	
60,0	Nach 7 Sec. mässiger Schmerz.	Nicht geprüft.	

Wenn auch weniger in die Augen springend, so ist dieselbe Erscheinung doch auch an der Zunge, bei ganz gesundem Epithel, zu constatiren. Der warme Cylinder erregt nach der Cocaineinpinselung, ohne Wärmeempfindung, eine Sensation, als ob die Zunge verbrüht wurde, während dies auf der entsprechenden Stelle der anderen Seite, die nicht cocainisirt ist, nicht auftritt, und während selbst ein in Eis abgekühlter Cylinder keine Spur einer Empfindung verursacht.

Es handelt sich hierbei also um eine unter dem Einfluss des Cocains zu Stande kommende Hyperalgesie gegen Wärmereize. Dass die Wärmenerven dabei unbetheiligt sind, geht aus dem früher erbrachten Nachweis hervor, dass die Temperaturnerven überhaupt nicht fähig sind, Schmerz zu empfinden.

Auch chemische Reize, wie z. B. Säure, bringen auf der cocainisirten Zunge eine Gefühlssensation hervor, welche ihnen auf der intacten Schleimhaut fehlt. Wir werden hierauf noch zurückkommen.

Fasst man nun diese hyperalgetischen Erscheinungen zusammen mit dem positiven Gefühl, welches nach Cocainapplication entsteht, so muss man folgern, dass das Cocain zunächst einen Erregungszustand producirt und nicht von vornherein eine Lähmung. Dass ein solcher Erregungszustand auch für die Temperaturnerven eintrete, war nicht zu erweisen. — Dass gerade die Wärmezufuhr den Erregungszustand noch mehr steigert und ihn dadurch zum positiven Ausdruck bringt, ist im Einklang mit anderen Erfahrungen. Wärme erhöht die Schmerzen entzündeter Theile, welche durch Kälte gelindert werden. Grützner fand, dass durch eine Erwärmung auf 45—50 C^{0} die centripetalen Nerven erregt werden, während Abkühlung die Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit derselben herabsetzt. (Ueber verschiedene Arten der Nervenerregung. Pflüger's Archiv. Bd. 17.) — Die erregende Wirkung des Cocains in loco möchte in Einklang stehen mit der mehrfach behaupteten allgemein excitirenden Wirkung bei interner Anwendung.

Besonders interessante Verhältnisse bietet die subcutane Injection dar. Schon schwache Lösungen, wie 1 %ige, bewirken an der Injectionsstelle eine Herabsetzung der Empfindlichkeit; 5 %ige macht ausgesprochene Anästhesie. Bei 10 %iger Lösung aber tritt die bemerkenswerthe Erscheinung ein, dass die Anästhesie sich nicht auf den Injectionsbezirk beschränkt, sondern in centrifugaler Richtung fortschreitet, und zwar haben die genaueren Untersuchungen mir ergeben, dass dies dem Verlaufe der Nerven entsprechend geschieht. Allerdings kommt nebenher auch eine geringe centripetale Verbreitung der Anästhesie vor, allein dieselbe ist sowohl bezüglich der Extensität, wie der Intensität weit weniger ausgesprochen. — Zunächst ist nach der Injection nur an dem Injectionsbezirk Anästhesie vorhanden. Dieselbe äussert sich in gewöhnlicher Weise darin, dass Temperaturen gar nicht, Druck und Schmerz vermindert gefühlt werden. Nach einer oder einigen Minuten breitet sich die Anästhesie rapide in einer bestimmten Richtung aus, am Arm z. B. stets nach der Hand zu, am Rücken lateralwärts. In

diesem secundären Bezirk ist jedoch die Anästhesie gewöhnlich nicht eine so vollständige wie in dem Injectionsbezirk selbst.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass die physiologisch-topographischen Unterschiede der Sensibilität vor der Injection in Gestalt eines Croquis auf die Haut aufgezeichnet wurden und hiermit dann der Befund nach der Injection verglichen wurde. Es zeigte sich dabei, dass bei der herabgesetzten Empfindlichkeit die physiologischen Unterschiede völlig erhalten blieben, so dass etwa die Stellen stärkster Temperaturempfindlichkeit ein schwaches Temperaturgefühl gaben, während die minder empfindlichen Stellen ganz anästhetisch waren. In umgekehrter Richtung, wie die Anästhesie sich ausgebreitet hat, kehrt die Empfindlichkeit wieder zurück, so dass der Injectionsbezirk selbst am längsten anästhetisch bleibt.

Die Grenzen des anästhetischen resp. hypästhetischen Gebietes sind für alle Qualitäten der Hautempfindung die gleichen. Jedoch zeigte sich auch hier der Einfluss des Cocains ausser auf das Kitzelgefühl vornehmlich auf das Temperaturgefühl gerichtet. Wo man nur eine eben erkennbare Herabsetzung des Drucksinnes findet, ist die Störung des Temperatursinnes oft schon eine deutliche. Man kann dies Verhältniss an der Haut besonders schön beobachten, weil die Möglichkeit gegeben ist, auf die Druckpunkte zu recurriren, welche, wie man sich erinnern wird, als Sinnespunkte des specifischen Drucksinnes zugleich die grösste Empfindlichkeit gegen Berührungen zeigen. Ich stellte einige Versuche in der Weise an, dass ich von einer Stelle des Armes die Druckpunkte aufsuchte und bezeichnete und dann nach Injection von Cocain durch eine andere Person bei Abwendung der eigenen Augen dieselben wieder prüfen liess. Während das Gefühl für Kälte und Wärme, welches an dieser Stelle gut entwickelt war, vollkommen erloschen war, traten die Druckpunkte noch bei leiser Reizung in die Empfindung. Selbst bei hochgradiger Lähmung des Drucksinnes konnte noch eine Anzahl der Druckpunkte deutlich heraus erkannt werden. Nadelstiche erregten bei einer so vorgeschrittenen Hypästhesie namentlich an den Druckpunkten immer noch Schmerz. Der faradische Strom — derartig angewendet, dass als Reizelectrode eine Nadel benutzt wurde — erregte, während das Temperaturgefühl schon gänzlich erloschen war, noch bei sehr geringer Stärke an den Druckpunkten ein Gefühl. Dennoch kann man nachweisen, dass auch die Empfindlichkeit der letzteren herabgesetzt ist, denn es giebt eine Breite der Stromstärke, bei welcher die Nadelelectrode an den Druckpunkten des hypästhetischen Gebietes eine noch eben zu spürende, ganz undeutliche Empfindung producirt, während dieselbe in der Umgebung des cocainisirten Gebietes

deutlich ist. So lässt sich auch an den Druckpunkten und besonders an den Stellen der Haare mittelst des inducirten Stromes sehr deutlicher Schmerz hervorbringen, während Temperaturempfindlichkeit auch an den Temperaturpunkten nicht vorhanden ist; und zwar ist dieser Schmerz selbst doch wieder merkbar geringer, als in der nicht von der Cocainwirkung betroffenen Umgebung. — Es gelang übrigens, die Anästhesie zu einer so vollständigen zu machen, dass am Injectionsbezirk jede Druck- und Schmerzempfindung aufgehoben war.

Auch der Ortssinn wurde an der cocainisirten Haut geprüft, und zwar ebenfalls mittelst der ringförmigen Tastobjecte. Jedoch ist hier an einen Umstand zu erinnern, welcher bei der dichten Lage der Druckpunkte an der Zunge nicht in Betracht kam, an der Haut aber für alle Ortssinnprüfungen von maassgebendem Einfluss ist. Der Ortssinn ist, wie ich früher nachgewiesen habe, eine Eigenschaft der Druckpunkte. Die Form eines Tastobjectes wird erkannt, wenn dasselbe genügend viel Druckpunkte erregt — unter Voraussetzung natürlich eines zureichenden Ortssinnes letzterer, welcher bekanntlich topographisch verschieden ist — und wird, und sei es unmittelbar daneben, nicht erkannt, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist. Es kann daher ein Ring, wenn er in einer gewissen Lage als Ring erkannt wird, bei einer geringen Verschiebung als Scheibe imponiren. Es ergiebt sich daraus, wie falsch es sein würde, wenn man an Stellen, wo die Druckpunkte nicht absolut dicht liegen, den Ortssinn vor und nach Cocainapplication einfach durch beliebiges Aufsetzen von Tastobjecten prüfen wollte, ohne die Lage der Druckobjecte zu berücksichtigen.

Ich stellte demnach bei meinen Versuchen fest, in welcher Lage gewisse Ringe deutlich erkannt wurden, und zeichnete dabei den betreffenden ringförmigen Eindruck mit Farbe nach. Andererseits wurden auch Druckpunkte bezeichnet und festgestellt, welcher Minimalring noch erkannt wurde, wenn seine Kante möglichst viele Druckpunkte traf.

Es zeigte sich, dass nach Cocaininjection die alten Ringe nicht mehr erkannt wurden, sondern je nach dem Grade der Störung klumpig, scheibenartig erschienen, oder auch ein Bogenstück oder einen Halbring erkennen liessen; andererseits, dass der Minimalring nicht mehr wahrgenommen wurde, sondern grössere Ringe nothwendig waren, um erkannt zu werden. — Weiter ergab sich, dass die Ortsempfindlichkeit gleichen Schritt hielt mit der Störung der Druckempfindlichkeit der Druckpunkte. Sobald beim Ablauf der Anästhesie die Druckpunkte noch die geringste Herabsetzung ihrer Empfindlichkeit zeigen, macht sich dies auch beim Erkennen der Ringe bemerkbar. Die Störungen des Ortssinnes traten danach denn auch noch deutlicher hervor als die des Schmerzsinnes,

welcher bereits restituirt erscheinen kann, während Druck- und Ortsgefühl noch eine leichte Hypästhesie dokumentiren und Temperaturgefühl noch eine sehr deutliche.

Die Hyperalgesie gegen Wärmereize wurde bei der Injection mehrfach, wenn auch nicht immer, beobachtet, ebenso wurde auch nicht immer eine Sensation bemerkt, während sie andererseits auch wieder sehr deutlich war.

Der Umstand, dass die Cocainwirkung sich centrifugal ausbreitet, kann wohl kaum anders gedeutet werden als so, dass dasselbe auch auf die Stämme der Nerven, nicht blos auf die Endausbreitungen derselben, wirkt. Denn eine blosse Verschleppung des Cocains in die Säftemasse würde sich doch vorwiegend centripetal geltend machen. — Jedoch man könnte noch im Zweifel sein, wenn es sich nur um Ausbreitungen in der Continuität handelte; ich habe aber die discontinuirliche Verbreitung der Anästhesie auf das gesammte Verästelungsbereich grösserer Nervenstämme — sensibler —, sofern in ihrer Nähe eine genügend starke Cocaininjection gemacht war, mit absoluter Sicherheit beobachtet, so z. B. im Gebiet des N. peroneus superficialis nach Injection an der Vorderfläche des Fussgelenks. Weitere Studien über diese physiologisch interessante Wirkung behalte ich mir vor.

Während im Allgemeinen bei allen Fragen der Sensibilität der Temperaturempfindung nur ein bescheidenes Hinterplätzchen eingeräumt zu werden pflegt, sehen wir sie hier im Vordergrunde der Erscheinungen stehen. Sowohl bei äusserer Application wie bei subcutaner Injection ergab sich, dass einer Schwächung des Druck- und Ortssinnes eine complette Aufhebung des Temperatursinnes entsprach. Der zeitliche Verlauf, sowie die räumliche Ausdehnung der Hypästhesie ist dabei für alle Qualitäten gleich, aber die Welle der Temperatursinnstörung bewegt sich auf einem höheren Niveau. Es kann somit durch Cocain ein Zustand hervorgerufen werden, der viel Aehnlichkeit hat mit einer sogenannten „partiellen Empfindungslähmung“, nur mit dem Unterschiede, dass hier auch die nichtgelähmte Sphäre afficirt, geschwächt ist. Was nun die Erklärung dieses Phänomens betrifft, so könnte man zunächst daran denken, wie es bei der Zunge schon angedeutet worden ist, dass vielfach die Temperaturnerven überhaupt den Drucknerven gegenüber in der Minderzahl sind und im Zusammenhang damit die Temperaturempfindlichkeit physiologisch minderwerthig ist der Druckempfindlichkeit. Sehr deutlich ist dieses Verhältniss z. B. an der Zunge, den Fingern. Jedoch findet sich eben dieselbe Erscheinung auch an Stellen, wo der Temperatursinn sehr gut und der Drucksinn schwach ausgebildet ist, wie sich z. B. bei einer subcutanen Injection am Rücken erweisen lässt, wo

ebenfalls bei absoluter Anästhesie gegen Temperaturen Berührungen, speciell an den Druckpunkten, wahrgenommen werden. Ich glaube deshalb, dass man vielmehr die differentielle Art des Reizes in Betracht ziehen muss. Der mechanische Reiz ist ein andersartiger als der Temperaturreiz. Ersterer dislocirt das Gewebe und die in ihm enthaltenen Nervenenden en masse, letzterer wirkt mehr in molecularer Art. Wenn ich mir vorstelle, ich könnte die Endigungen eines Temperaturnerven in lebensfähigem Zustande unter dem Mikroskop beobachten und gleichfalls diejenigen eines Drucknerven, und beide würden nun von ihren je adäquaten Reizen erregt, so würden die Endigungen des Drucknerven eine mehr minder grosse Bewegung im Gesichtsfelde ausführen während bei denjenigen des Temperaturnerven wahrscheinlich keine sichtbare Veränderung eintreten würde. Man kann sich nun vorstellen, dass dieser blos moleculare Reiz die Grenzen seiner Wirksamkeit in den für ihn specifisch adaptirten Endigungen findet, während der mechanische Reiz tiefer greift, auch die cutanen Nervenfasern selbst trifft und so die Nerven überhaupt stärker zu erregen im Stande ist. Nicht die Temperaturnerven gegenüber den Drucknerven, sondern der Temperaturreiz erscheint somit als schwächer gegenüber dem mechanischen Reiz. Es kann demnach die Erregbarkeit beider Nervenarten in gleichem Maasse herabgesetzt sein und dennoch der Drucksinn bei einer gewissen Grenze die Reize stärker empfinden, während der Temperatursinn auch für den stärksten adäquaten Reiz unempfindlich ist. Es ist jedoch nicht unwahrscheinlich, dass ausserdem den Temperaturnerven in der That eine geringere Widerstandsfähigkeit zukommt.

Gleichsam anhangsweise möchte ich noch einige Bemerkungen über die Wirkung des Cocains auf den Geschmackssinn machen. Die Geschmacksnerven werden durch Cocain in derselben Weise beeinflusst wie andre sensible Nerven, und zwar scheint ihre Widerstandsfähigkeit zwischen derjenigen der Temperaturnerven und der Drucknerven in der Mitte zu stehen. Ist nämlich die Temperaturempfindlichkeit der Zunge bereits erloschen, so findet man doch die Schmeckfähigkeit noch erhalten, wenn auch stark vermindert, und zwar für die gewöhnlich unterschiedenen vier Qualitäten: süss, salzig, bitter, sauer. Bei stärkerer Cocainwirkung wird dann der Geschmack vollständig aufgehoben, so dass Geschmacksreize keinerlei Art, auch in der concentrirtesten Form, mehr percipirt werden; in diesem Stadium werden jedoch verhältnissmässig leichte Berührungen noch wahrgenommen, Stiche schmerzhaft empfunden, Ringe, wenn auch in abgestumpfter Weise, erkannt. Das Cocain scheint auf die verschiedenen Geschmacksqualitäten in gleicher

Weise zu wirken. Schon oben wurde der Hyperalgesie gegen chemische Reize Erwähnung gethan. Während die Geschmacksempfindung vollständig aufgehoben ist, erregt Säure, in geringerem Grade auch Kochsalz, eine stechende Sensation, welche vor Application des Cocains nicht erweckt wurde und auch auf der intacten Zungenhälfte fehlt. Dieselbe Sensation, wenn auch relativ stärker, war durch Wärmereize dann gleichzeitig zu produciren. Süssen und bitteren Reizen fehlte diese Wirkung vollständig. Der zeitliche Verlauf der Geschmacksstörung war im Uebrigen entsprechend wie bei den andern Qualitäten.

Resumiren wir kurz. so hat sich ergeben:

Cocain ruft einen Erregungszustand der Gefühlsnerven hervor; bei den anderen Nerven läst sich derselbe nicht nachweisen.

Cocain lähmt die Temperatur-, Gefühls-, Druck- und Geschmacksnerven. Der zeitliche Verlauf der Lähmung ist für alle gleich. Bezüglich der Stärke der Lähmung zeigt sich auch bei den einzelnen Qualitäten eine Art von Stufenleiter. Am meisten erscheint das Kitzelgefühl gestört, dann kommt das Temperaturgefühl, der Geschmack, dann der Druck- ünd Ortssinn, sowie der Schmerz.

Cocain wirkt nicht blos auf die Endigungen der centripetalen Nerven, sondern auch auf die Nervenstämme.

Es mögen nun noch zur Ergänzung einige Beobachtungen über die Wirkungsweise andrer Anästhetica hier Platz finden.

Carbol verhält sich gegenüber den Hautsinnesnerven ganz ähnlich wie Cocain. Auf die Zunge gebracht — in 5 %iger Lösung — löscht es schnell die Schmeckfähigkeit und Temperaturempfindlichkeit aus und setzt Druck- uud Schmerzempfindlichkeit herab, ohne sie aber zu vernichten. Auf Kältesinn und Wärmesinn wirkt es gleichmässig. Ein erheblicher Vorzug des Carbols gegenüber dem Cocain ist, dass es von der intacten Haut resorbirt wird.[1]) Die durch Aufpinseln von 5 %iger Carbollösung auf die Haut erzielte Anästhesie macht sich ebenfalls in hervorragender Weise gegen das Temperatur- und Kitzelgefühl geltend.

[1]) Ich kann mir hier eine Bemerkung über ein neuerliches Mittel nicht versagen. Es wird vielfach jetzt Cocain-Lanolin zu Einreibungen verschrieben, indem man wohl annimmt, dass das so ausgezeichnet resorptionsfähige Lanolin das Cocain in die Haut und weiter transportirt. Ich habe nun bei 5 %igem Cocain-Lanolin trotz der vielfachsten Einreibungen an mir selbst nie auch nur eine Hypästhesie des Temperatursinns bemerkt. Nach meinen Erörterungen kann man letztere geradezu als Reagens auf den Anfang einer Wirkung betrachten. Ein therapeutischer Erfolg dürfte daher dieser kostspieligen Ordination nicht beiwohnen.

Die Dicke der Epidermis spielt natürlich bei der Carbolwirkung eine Rolle; auf der Hohlhand z. B. sind die Erscheinungen weit weniger ausgesprochen als am Arm.

Bei subcutanen Injectionen — $2^1/_2$ $^0/_0$ige Lösung — sind ebenfalls die Erscheinungen analog denjenigen des Cocains. An der Injectionsstelle selbst kann die Anästhesie so stark sein, dass selbst die Schmerzempfindlichkeit aufgehoben ist. Es muss übrigens gelegentlich darauf hingewiesen werden, dass auch eine blosse Wasserinjection, besonders mit kaltem Wasser, eine locale Anästhesie setzt. Auch die stärkeren im Subcutangewebe verlaufenden Nervenstämmchen werden durch Carbol betroffen, so dass sich vom Orte der Injection aus die Anästhesie dem Nervenverlauf gemäss weiter erstreckt; diese zeigt sich wieder für den Temperatursinn am hervorragendsten, welcher völlig aufgehoben sein kann, während der Drucksinn nur abgeschwächt ist: also alles der Wirkung des Cocains conform. Was die Carbolwirkung von derjenigen des Cocains unterscheidet, ist einmal der Umstand, dass die Wirkung eine viel schneller vorübergehende ist; ferner, dass dieselbe einen weit mehr localen Charakter hat. Dies macht sich namentlich bei der subcutanen Injection geltend: liegt ein stärkerer sensibler Nervenstamm in der unmittelbarsten Nähe der Injection — man kann die Lage derselben durch den inducirten Strom sehr leicht finden —, so ist die Anästhesie in dem von ihm versorgten Hautgebiet ausgezeichnet; aber schon bei geringer Entfernung desselben ist die Wirkung sehr unvollkommen. Aber auch an und für sich ist die anästhetische Wirkung weniger intensiv als beim Cocain; es ging dies aus einem Versuch hervor, bei welchem zuerst $^2/_{10}$ einer $2^1/_2$ $^0/_0$igen Carbollösung injicirt wurde, sodann nach Ablauf der Erscheinungen in denselben Stichkanal $^1/_{10}$ einer 10 $^0/_0$igen Cocainlösung. Bei letzterer waren die anästhetischen Erscheinungen ungleich ausgesprochener. Endlich hat bekanntermaassen das Carbol eine stark reizende Eigenschaft; injicirt erregt es Schmerz, und es ist denkbar, dass seine anästhetische Wirkung überhaupt auf seiner ätzenden Kraft beruht.

Ebenfalls schwächer als die Wirkung des Cocains ist diejenige der Kawa-Kawa. Lewin hat in letzter Zeit zwei Harze derselben, α-Harz und β-Harz, dargestellt, von denen das erstere das wirksamere ist. Durch die Freundlichkeit des Herrn Dr. Lewin wurde mir die Möglichkeit, dasselbe zu untersuchen. Bei Application auf die Zunge lähmt es unter einer brennenden Sensation sehr schnell Geschmack und Temperaturgefühl, während Druck und Schmerz eine nur geringe Beeinträchtigung zeigen. Bei zwei Injectionen, welche ich mir mit α-Harz in den linken Arm machte — dasselbe ist, leicht erwärmt, flüssig genug — trat an der Injections-

stelle Aufhebung des Temperatursinns ein, jedoch nur Herabsetzung des Druck- und Schmerzgefühls. Diese locale Temperatursinn-Anästhesie setzte sich sodann wie bei Cocain und Carbol das eine Mal 6 cm, das andre Mal 4 cm nach abwärts fort, so dass wieder die anästhetische elliptische Figur entstand. Druck- und Schmerzgefühl jedoch war in diesem Ausbreitungsbezirk kaum als herabgesetzt nachweisbar. Die Abschwächung des Druck- und Schmerzgefühls an der Stelle der Injection war viel geringer als bei 10 %igem Cocain und auch bei 2½ %igem Carbol; mässige Eindrücke mit der Nadel wurden als Druck, stärkere als Schmerz gespürt; der inducirte Strom erregte bei einer Stärke, welche in der Nachbarschaft Schmerz producirte, die Nerven noch nicht; bei einer geringen Verstärkung aber wurde er als Prickeln und schliesslich als Schmerz empfunden — während bei Cocain und Carbol bei entsprechend starken Injectionen am Orte der Injection absolute Anästhesie und Analgesie entsteht. Die Menge, welche injicirt wurde, betrug das eine Mal 1½ Theilstriche, das andere Mal 4 Theilstriche der Pravazschen Spritze; die Injectionen waren schmerzlos. Dagegen zeigte sich die Empfindlichkeit des Subcutangewebes und der tieferen Cutislagen stärker betroffen, wie namentlich die völlige Schmerzlosigkeit beim Einbringen einiger Tropfen Alkohol absolutus bewies. Bei einer Injection, welche ich Herrn Lewin in die Cutis machte, war dagegen neben dem Temperatursinn auch die Druck- und Schmerzempfindlichkeit so gut wie völlig aufgehoben; faradische Ströme, die in der Umgebung starken Schmerz erregten, brachten nur eine ganz dumpfe Sensation hervor. Dagegen fehlte hier die Ausbreitung der Anästhesie, dieselbe blieb scharf local.[1])

Es war hieraus zu folgern, dass die Kawa-Kawa vom Cocain sich wesentlich dadurch unterscheidet, dass ihre Wirkung einen ganz exquisit localen Character besitzt, dass ihre Fähigkeit, die Gewebe zu durchdringen, eine sehr geringe ist, was zweifellos mit ihrer langsamen Resorption zusammenhängt. Die locale Wirkung allerdings ist eine beträchtliche. Die menschlichen Gewebe bieten dem Kawaharz einen so grossen Widerstand, dass man die Ergebnisse bei Thieren nicht ohne Weiteres auf den

---

[1]) Uebrigens kann ich hier nicht unerwähnt lassen, dass beide Injectionen bei mir Abcessbildung zur Folge gehabt haben. Ich muss dieses um so mehr lediglich dem Kawaharz als solchem zuschreiben, als ich bei meinen äusserst zahlreichen sonstigen Injectionsversuchen nie dergleichen erfahren habe; es dürfte sich daher bei einer subcutanen Application desselben äusserste Vorsicht bezüglich der Quantität empfehlen. Ursache der Abcessbildung ist wahrscheinlich die mangelhafte Resorptionsfähigkeit des Harzes; 18 Tage nach der Injection entleerten sich aus der einen Incisionswunde einige Tropfen dickflüssigen Harzes. Allgemeinerscheinungen hatten übrigens die Injectionen nicht hervorgerufen.

Menschen übertragen kann. So konnte ich mich bei einem Froschversuch, welchen Herr Lewin mir demonstrirte — Injection in den Oberschenkel — von einer sehr bedeutenden ausgedehnten Analgesie der Haut überzeugen. — Was nun von der Kawa-Kawa an dieser Stelle am meisten interessirt, ist der Umstand, dass wir wieder die Störung des Temperatursinns im Vordergrunde der Erscheinungen finden. Man darf hiernach wohl annehmen, dass diese Beziehung zum Temperatur-, Druck- und Schmerzgefühl, sowie zum Kitzelgefühl — welches sich bei Carbol- und Kawa-Kawa wie bei Cocain verhielt und — zum Geschmack ein allgemeines, den localen Anästheticis eigenes Gesetz darstellt.

Dieses Gesetz bestätigt sich in gleicher Weise bei dem Chloroform. Drückt man einen mit Chloroform getränkten Wattenbausch gegen die Haut, so entwickelt sich nach kurzer Zeit unter einer brennenden Sensation eine Herabsetzung der Sensibilität. Ganz entsprechend wie bei Carbol erscheint der Kälte- und Wärmesinn am stärksten, und zwar gleichmässig, herabgesetzt; weniger stark das Druck- und Schmerzgefühl, dagegen hervorragend das Kitzelgefühl. Man kann auch hier völlige Aufhebung des Temperaturgefühls bei Erhaltung des Druckgefühls erzielen. Die Anästhesie geht sehr schnell vorüber. — Noch eklatanter als beim Cocain ist beim Chloroform die Hyperalgesie gegen Wärmereize. Ein nur leicht erwärmter Cylinder erregt in der ersten Zeit nach der Application des Chloroforms Schmerz; mit der völligen Entwickelung des anästhetischen Zustandes verschwindet die Hyperalgesie.

Ein besonderes Interesse nimmt nun noch Menthol in Anspruch. Es ist bekannt, dass Menthol ebenfalls anästhetische Wirkungen entfaltet und seine therapeutische Verwendung ist verschiedentlich im Gebrauch. Eine ebenso bekannte und durch den Migränestift populär gewordene Wirkung ist die kühlende Eigenschaft desselben. Herr Dr. Unna hat meine Aufmerksamkeit auf dieselbe gelenkt, indem er gleich die Vermuthung aussprach, dass es sich hier um eine specifische Einwirkung auf die Temperaturnerven handeln möchte. Ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich behaupte, dass im Allgemeinen fast jeder diese kühlende Wirkung lediglich auf eine durch die Flüchtigkeit des Menthols bewirkte Verdunstungskälte bezieht. Allein die Untersuchung hat mir die Ueberzeugung verschafft, dass dieses Kältegefühl in der That hauptsächlich durch directe chemische Reizung der Kältenerven zu Stande kommt.

Verreibt man Menthol auf eine mit relativ dünner Epidermis versehene Körperstelle, z. B. Gesicht, so entsteht nach einiger Zeit eine zunehmend kühle Empfindung; der Geruch, die beissende Empfindung im

Auge kündigt an, dass das Menthol sich von der Haut verflüchtigt. Die Annahme einer Verdunstungskälte liegt demnach so nahe wie möglich. — Hat man jedoch vorher die locale Hauttemperatur gemessen und wiederholt jetzt beim Bestehen der Kälteempfindung die Messung, so findet man, dass die Temperatur nicht gesunken ist. Ferner entsteht das Kältegefühl auch, wenn man die Verdunstung hemmt: presst man eine dicke und breite Korkscheibe, welche man nur in der Mitte mit etwas Menthol-Lanolin oder auch blossem Menthol bestrichen hat, fest gegen die Stirn, so entsteht ebenfalls Kältegefühl. Dasselbe erreicht man, wenn man den Kork durch gummirten Stoff ersetzt. Besonders beweiskräftig erscheint mir folgende Versuchsanordnung: Ich hielt gummirten Stoff mit einer kleinen Quantität Menthol-Lanolin gegen die Fossa canina meines Gesichts; während nun das Auge nichts von einer beissenden Empfindung hatte, entwickelte sich an der bedeckten Stelle Kältegefühl; sobald der gummirte Stoff abgenommen wurde, trat Stechen im Auge auf — ein Beweis, dass vorher die Abdünstung zum mindesten nur eine recht unerhebliche gewesen sein kann. — Ein drittes maassgebendes Moment ist darin gelegen, dass zugleich mit dem Kältegefühl auch ein Stechen, Prickeln, Brennen, kurz eine Sensation der Gefühlsnerven eintritt. Diese ist an empfindlichen Stellen so erheblich, dass sie schmerzhaft wird. Nun, diese gleichzeitig mit dem Kältegefühl — oft übrigens auch vorher oder nachher — auftretende Sensation wird doch Jedermann auf eine chemische Erregung der sensiblen Nervenenden schieben; es erscheint daher bei der positiven Existenz specifischer Kältenerven durchaus consequent, dass sie von der chemischen Wirkung nicht verschont bleiben. — Endlich kommt hinzu, dass, wenn man das Menthol auf eine Stelle applicirt, an welcher physiologisch die Wärmeempfindlichkeit über die Kälteempfindlichkeit überwiegt, man eine sehr markante heisse Empfindung bemerken kann, neben welcher ein Kältegefühl unter Umständen garnicht vorhanden ist. Bekanntlich steht die Kälte- und Wärmeempfindlichkeit nicht an jeder kleinen umschriebenen Stelle in demselben Verhältniss zu einander; während im Allgemeinen jene überwiegt, tritt zuweilen an kleinen begrenzten Stellen der Wärmesinn in den Vordergrund; unmittelbar daran grenzt dann häufig eine Stelle, wo sehr ausgesprochen das Umgekehrte der Fall ist. Man findet solche Stellen leicht, indem man die Haut erst mit dem warmen Cylinder prüft, die empfindlichsten Stellen umzeichnet und dann mit dem kalten Cylinder nachprüft. Die Auftragung des Menthols oder Menthol-Lanolins muss dann natürlich sehr correct geschehen. Sehr deutliches Wärmegefühl erhalte ich bei mir an den Augenlidern und darunter. Hierdurch ist nun nachgewiesen, dass das

Menthol nicht einseitig auf die Kältenerven, sondern auch auf die Wärmenerven wirkt. Dass beim Bestreichen einer grösseren Fläche die Kälteempfindung vorherrscht, hängt mit dem von mir mehrfach urgirten numerischen Uebergewicht der Kältenerven zusammen, sowie mit dem Umstand, dass die Kälteempfindung stärker auf das Sensorium wirkt, so dass, wenn an derselben Stelle Kälte- und Wärmenerven erregt werden, die Erregung der ersteren am meisten imponirt. Es ist dies dasselbe Phänomen, wie es bei der Faradisation der Nervenstämme beobachtet wurde. Gerade die Stirn ist ein Ort, wo das Ueberwiegen der Kältenerven in hervorragender Weise statt hat. Mit dieser Wirkung des Menthols auf beide Arten von Temperaturnerven ist aber das Unwesentliche der etwaigen Abkühlung durch Verdunstung völlig erwiesen. — Mit der Kälteempfindung ist zugleich eine veritable Hyperästhesie für Kältereize vorhanden: Dinge, die sonst kaum kühl erscheinen und in der Nachbarschaft nur das Gefühl der Berührung erwecken, z. B. der eigene Finger, ein Stück Kork etc., rufen auf der mentholisirten Stelle ein kaltes Gefühl hervor. Stärker Wärme ableitende Gegenstände, wie z. B. Metall, erwecken eine ganz auffallend intensive Kälteempfindung, welche nach dem Entfernen des Reizes von einer langen Nachempfindung gefolgt ist. Diese Erscheinung ist ebenfalls einer objectiv abgekühlten Hautstelle nicht eigen, deutet vielmehr auf einen abnormen Erregungszustand der Kältenerven und bietet eine Art von Analogie zu der oben erwähnten Hyperästhesie der sensiblen Nerven nach Cocainapplication. Schliesslich wird die Hyperästhesie gefolgt von einer Herabsetzung der Erregbarkeit: Temperaturreize werden sehr schwach oder garnicht mehr empfunden; auch die Druckempfindlichkeit und das Schmerzgefühl wird vermindert, aber nicht aufgehoben. Die lähmende Wirkung ist sonach wieder conform dem aufgestellten Gesetz, nur ist sie schwächer als beim Cocain und tritt viel später ein, da das Stadium der erhöhten Erregbarkeit lange andauert.

11.

Zur Dualität des Temperatursinnes.

Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 39. 1886.

Herzen's Versuche.

Herr Professor Herzen[1]) hat die merkwürdige Entdeckung gemacht, dass beim Eingeschlafensein der Glieder die Kälteempfindlichkeit aufgehoben sei, während die Wärmeempfindlichkeit noch bestehe. Er hat daraus mit Recht den Schluss gezogen, dass es getrennte Leitungsbahnen für die Kälte- und Wärmeempfindung gebe und dass die ersteren durch Druck leichter gestört werden als die letzteren. Weiterhin hat er beobachtet, dass beim Einschlafen eines Gliedes die Empfindlichkeit für tactile Eindrücke zuerst, bald nachher diejenige für Kälte verschwindet; viel später erst diejenige für Wärme und bald darauf für Schmerz. Herzen vermuthet daher, dass die Kälteempfindlichkeit in einer gewissen Beziehung zur Tastempfindlichkeit, der Wärmesinn zum Schmerzgefühl stehe, und präcisirt diese Beziehung weiter dahin, dass vielleicht die Leitungsbahnen für Kälte- und Tastempfindungen in den Hintersträngen, für Wärme- und Schmerzempfindungen in der grauen Substanz verlaufen. Er motivirt diese Anschauung einmal damit, dass die Reactionszeit für Wärmereize länger ist als für Kältereize. Ferner durch eine klinische Beobachtung: Bei einer Frau bestand tactile Anästhesie der unteren Extremitäten, während das Schmerzgefühl erhalten war (ob herabgesetzt oder normal, wird nicht angegeben). Dieselbe empfand nun Kältereize (unterhalb der Eigentemperatur ihrer Beine gelegene), selbst Eis gar nicht, dagegen Wärmereize sehr gut. Bei der

---

[1]) Ueber die Spaltung des Temperatursinnes in zwei gesonderte Sinne. Pflüger's Archiv 38. Bd. 1885.

Section fand sich eine Pachymeningitis hypertrophica, vom 4. bis 7. Rückenwirbel, welche die hinteren zwei Dritttheile des Rückenmarkes einnahm. Die Hinterstränge und Kleinhirnseitenstrangbahn waren, wie sich bei der mikroskopischen Untersuchung herausstellte, verändert, während die Vorderstränge und die graue Substanz frei waren. Endlich konnte Herzen für die Kältenerven den experimentellen Nachweis liefern, dass sie in der That in den Hintersträngen verlaufen, mittelst der Durchschneidung der letzteren; jedoch führten die Versuche bezüglich des supponirten Verlaufs der Wärmenerven in der grauen Substanz zu keinem Resultat. Rindenexstirpationen lehrten überdies, dass dieselbe Region der Hirnrinde das Centrum für die Tast- und die Kälteempfindungen enthalte.

Diese Beobachtungen mussten mich in hohem Grade interessiren, da sie in der Hauptsache eine Bestätigung der von Blix und mir veröffentlichten Untersuchungen darstellen. Wenn von so verschiedenen Seiten und durch so verschiedene Methoden dasselbe Resultat: die Dualität des Temperatursinnes, erhalten wird, so dürfte es wohl an der Zeit sein, allgemein die Anschauung von der Einheit desselben und die mit ihr unzertrennlich verbundene gekünstelte Hering'sche Theorie des Temperatursinnes aus der Physiologie zu verbannen.

Dennoch kann ich mich den Herzen'schen Raisonnements in ihrer ganzen Ausdehnung, ja auch seinen Beobachtungen in einigen Details nicht ganz anschliessen, und ich fühle mich gedrängt, im Interesse der Sache auf die bedenklichen Punkte hinzuweisen.

Hiermit ist schon angedeutet, dass ich seine grundlegende Beobachtung bezüglich des ungleichen Einflusses der Nervencompression auf die Kälte- und Wärmeempfindung bestätigen kann. Es ist in der That frappant, wie beim Eingeschlafensein der Glieder die gegen stärkste Kältereize unempfindliche Haut doch jede schwache Erwärmung wahrnimmt; die Herabsetzung der Sensibilität muss übrigens hierzu schon einen ziemlich hohen Grad erreicht haben; geht jene nun noch weiter, so wird auch das Wärmegefühl mehr und mehr gestört.

Somit lässt sich gegen den Schluss, dass die Leitungsfähigkeit der Kältenerven durch Druck auf den Nervenstamm eher aufgehoben wird als die der Wärmenerven, nichts einwenden. Dies ist eine Thatsache von grossem Interesse und hat eine besondere Bedeutung für die Lehre von den specifischen Energieen der Sinnesnerven — worauf ich unten noch näher eingehen will.

Jedoch von der Beziehung der Kälte- zur Tastempfindlichkeit, der Wärme zur Schmerzempfindlichkeit bei dem Nervendruckversuch habe ich mich nicht überzeugen können.

Eigener Versuch.

Ich habe die Nervendruckversuche am Ischiadicus, am Ulnaris, Medianus und Radialis gemacht. Am besten gelangen mir dieselben an dem letzterem Nerven, und ich möchte daher zunächst eine kurze Schilderung meiner Wahrnehmungen beim Comprimiren des N. radialis geben:

Der linke Arm wird in halb flectirter Stellung mit dem Dorsum des Oberarmes so auf ein hartes Buch gelegt (Lexica eignen sich hierzu vorzüglich; Holz quetscht zu stark), dass hauptsächlich die Umschlagsstelle des N. radialis den Stützpunkt des Armes bildet. Die Hauttemperatur wird am Eingang des Versuches gemessen und zwar in der Mitte des Spatium interosseum I der Hand, Dorsalfläche, auf einem mit Tinte umschriebenen Zehnpfennigstückgrossen Kreise[1]), und die Messung dort im Laufe des Versuches mehrfach wiederholt. Nach einiger Zeit ruhigen Abwartens, während welcher zuweilen eine leicht prickelnde Sensation, auch Kälte, in der Hand wahrgenommen wird, ist die Kälteempfindlichkeit am radialen Theil des Handrückens etwas geringer. Dieselbe nimmt zusehends immer mehr ab, ein Gefühl des Abgestorbenseins stellt sich ein, auch die Berührungsempfindung ist jetzt stumpfer geworden, das Schmerzgefühl unverändert, ebenso die Wärmeempfindlichkeit. In einem der Versuche jedoch zeigte letztere eine auffallende Erscheinung, nämlich eine deutlich ausgesprochene Hyperästhesie. Ein mit lauwarmem Wasser gefülltes Reagensglas, welches an dem entsprechenden Theile der rechten Hand nur ein eben merkliches lauliches Gefühl erweckte, producirte hier ein intensives volles Wärmegefühl. Beim Anlegen des Handrückens an das Gesicht entstand in dem Radialtheil ein fast heisses Gefühl, bei der anderen Hand ein indifferentes. Dabei betrug die Eigentemperatur im Spatium inteross. I 29,2° C., genau so viel wie beim Beginn des Versuches. Freilich war sie also etwas niedriger als gewöhnlich, aber dieser geringe Unterschied kann nach meinen sonstigen Erfahrungen über die Temperaturempfindlichkeit abgekühlter Hautstellen diese bedeutende Erhöhung der Wärmeempfindlichkeit nicht bedingt haben. — Jetzt nimmt die Kältehypästhesie einen solchen Grad an, dass ein mit Eis gefülltes Reagensglas nur an einzelnen physiologisch besonders kälteempfindlichen Stellen noch gefühlt wird (z. B. Mitte des Spatium inteross. I). Dabei ist die Druckempfindlichkeit sehr herabgesetzt, leichte Berührungen mit einem Korkcylinder werden nicht mehr gefühlt, wohl aber bei Anwendung eines mässigen Druckes. Das Schmerzgefühl bei Nadelstichen ist deutlich herabgesetzt. Auch das Wärmegefühl ist jetzt etwas beeinträchtigt. — Weiterhin tritt nun in schnellem Fortschritt für den Kältesinn absolute Anästhesie ein. Das mit Eis gefüllte Reagensglas, ja das mit einer Kältemischung gefüllte, in welchem das bis auf den Boden reichende Thermometer —5° C. anzeigt, wird nirgends mehr gefühlt. Die Eigentemperatur der Haut ist gegen den Beginn des Versuches nur um 1,5°—2,0° C. gesunken[2]). Dabei wird mässig starker Druck immer noch fast überall wahrgenommen, nur einige Stellen, wie z. B. Dorsum der Metacarpo-Phalangealgelenke, sind ausgefallen. Das Schmerzgefühl ist mehr herabgesetzt wie vorher; an

---

[1]) Ich pflege bei meinen Untersuchungen auf genaue Umgrenzung der Messungsstelle deshalb Werth zu legen, weil die Eigentemperatur der Haut an Theilen von so reicher Gliederung wie Hand und Fuss, auch Gesicht, ganz erstaunliche locale Differenzen zeigt.

[2]) Auch eine Zunahme der Eigentemperatur kommt vor.

vielen Punkten erwecken auch tiefe Stiche keinen Schmerz, letzterer scheint jetzt hauptsächlich nur noch an den sogenannten Druckpunkten vorhanden zu sein. Die Wärmeempfindlichkeit ist erhalten, aber ebenfalls vermindert. Hiervon überzeugt man sich, indem man das Spat. inteross. I im Verlaufe des Versuches immer wieder mittelst eines mit warmem Wasser gefüllten Reagensglases prüft, in welchem ein Thermometer steht und welches über einer Spiritusflamme stets auf die gleiche Temperatur, z. B. 40° C., gebracht wird. Die Wärmeempfindung, welche dieser constant bleibende Wärmereiz erweckt, ist in dem jetzigen Stadium des Versuches erheblich schwächer als vor und nach dem Beginn desselben[1]). — Ungefähr zu der Zeit, wo die absolute Kältesinnlähmung sich entwickelt hat, beginnt die Streckmuskulatur paretische Erscheinungen zu zeigen. Die Hand fällt mehr und mehr in gebeugte Lage, die Streckung derselben kostet Anstrengung, ist mit Zittern verbunden, erfolgt in Absätzen. Ziemlich schnell nehmen diese Erscheinungen zu, die Hand hängt völlig schlaff herunter, irgend welche Streckbewegungen sind nicht mehr möglich. Ich habe zuerst bei dieser Wahrnehmung den Versuch sofort abgebrochen; als ich aber dann sah, dass man ohne Schaden noch weiter abwarten kann, wurde ich kühner. In diesem Stadium wird starker Druck immer noch, wenn auch ganz dumpf, gefühlt. Sehr bemerkenswerth war (in zwei Versuchen) die Beobachtung einer vollständigen Analgesie im vorderen Theile des Spat. inteross. I. Hierbei wurden nämlich tiefste Nadelstiche (die Nadel wurde von einer anderen Person eingestochen) nicht im Geringsten schmerzhaft gefühlt, dagegen erregten sie ein sehr schwaches Gefühl des Druckes, ungefähr so als ob eine zarte Borste die Haut berührt. Auch hier war immer noch, wenn auch sehr herabgesetzt, Wärmeempfindlichkeit vorhanden; zu einem völligen Verschwinden derselben habe ich es am Spat. innteross. I überhaupt nicht bringen können, wohl aber am Fuss, wo dieselbe physiologisch viel schwächer angelegt ist. Ebenso habe ich ein totales Erlöschen der Druckempfindlichkeit nicht beobachtet; bei genügender Verstärkung des Druckes, wobei jedoch nur immer ein Korkcylinder als Druckreiz verwendet wurde, ist immer noch ein mattes, dumpfes Gefühl der Berührung vorhanden.

Jetzt wird die Compression des Nerven aufgehoben, aber der Arm in der vorigen horizontalen Lage behalten. Einige Secunden hindurch ereignet sich nichts. Fortwährend vorgenommene Prüfungen in dem anästhetischen Gebiet zeigen keine Veränderung der Verhältnisse. Da tritt an der Stelle, wo der Nerv gedrückt worden, eine eigenthümliche Sensation auf, welche ich als prickelnd-brennend bezeichnen möchte; andere Male erscheint sie wieder vorwiegend kalt. Diese Sensation breitet sich in mässig schnellem Tempo nach der Hand zu aus, über die Dorsalfläche des Vorderarmes hinwandernd. Während ich ihr Herannahen erwarte, prüfe ich fortwährend das Spatium interosseum I, abwechselnd den kalten, den warmen Metallcylinder, den Korkcylinder aufsetzend, und suche zugleich die Hand zu strecken; aber nicht das Geringste ist an den Erscheinungen verändert. Jetzt, 8—10—12 Secunden nach Aufhebung des Druckes, ergreift die Sensation den Handrücken; mit einer gewissen Vehemenz breitet sie sich hier aus, und erscheint als ein starkes, ja geradezu eisiges Kältegefühl, wechselnd mit heissbrennendem Gefühl, beide verbunden mit Schwirren und Prickeln, auch Stechen. In demselben Moment, wo dies geschieht, werden Streckbewegungen der Hand möglich,

---

[1]) Exacte Messungen über die Vergrösserung der Wärmereizschwelle, d. h. der zur eben merklichen Wärmeempfindung nothwendigen Temperatur-Differenz, waren mir nach der Natur dieser Versuche, dem schnellen Ablauf der Erscheinungen etc. nicht möglich.

welche schnell Vollkommenheit erlangen; in demselben Moment ferner wird der kalte Cylinder gefühlt, zuerst schwach, dann stärker. Jedoch bleiben sowohl Kälte-, wie Wärme-Empfindung meist längere Zeit noch etwas herabgesetzt. Einmal jedoch habe ich unmittelbar nach Aufhebung der Compression eine sehr deutliche Hyperästhesie des Kältesinnes auftreten sehen, welche schnell vorüberging. Hierzu kommt noch eine schon früher von mir gemachte Beobachtung über eine Kältehyperästhesie in der eingeschlafenen Hand, welche ich in meiner Arbeit im Archiv f. Phys. p. 29 erwähnt habe. Eine Wärmehyperästhesie bestand in beiden Fällen nicht. Berührungen erwecken ein prickelndes stechendes Gefühl; dies ist wohl am bekanntesten, man glaubt mit dem eingeschlafenen Fuss (in Wirklichkeit ist es aber der erwachende) wie auf Nadeln zu gehen. Dagegen war die Schmerzhaftigkeit von Nadelstichen nicht als verstärkt nachzuweisen. Die Eigentemperatur der Haut hat nach Aufhebung des Druckes etwas abgenommen, einige Male sank sie bis auf 27,0—26,5° C. und hielt sich längere Zeit so. Die Sensation sowohl wie die hyperästhetischen Erscheinungen gehen ziemlich schnell vorüber.

Resümiren wir die wesentlichen Momente des Versuches, so tritt also als erstes Sypmtom der Nervencompression ein: Herabsetzung der Kälte- und Druckempfindlichkeit. Dieser kann sich auch ein Zustand höherer Erregbarkeit der Wärmenerven beigesellen. — Die Kältenerven werden sodann völlig anästhetisch, während die Druckempfindlichkeit noch dabei erhalten bleibt, freilich sehr bedeutend herabgesetzt ist. Wärme- und Schmerzgefühl zeigen sich in dieser Phase mässig beeinträchtigt. Schliesslich werden diese beiden Qualitäten ebenfalls mehr und mehr herabgesetzt; es kann ein Zustand resultiren, wo Schmerzreize nur noch als Druckempfindung percipirt werden. Wenn die Compression aufgehoben wird, stellt die Leitungsfähigkeit sich nicht unmittelbar wieder her, sondern erst im Verlauf einiger Secunden. Die Wiederherstellung der Nervenleitung ist mit einer positiven Sensation verbunden, welche ein Gemisch resp. einen Wettstreit von Druck-[1]), Kälte- und Wärmeempfindung darstellt. Zugleich besteht bei dieser Sensation eine für Druck- und Kältereize nachweisbare Hyperästhesie sehr vorübergehender Natur. Nach Ablauf derselben ist die Kälte- und Wärmeempfindlichkeit noch eine Zeit lang erniedrigt.

---

[1]) Dieses prickelnde Gefühl, als ob Tausende von Borsten in beständiger alternirender Bewegung die Haut reizen, gewöhnlich als Formication bezeichnet, in der Neurologie unter dem Begriff der Parästhesieen subsummirt, entspricht einem abnormen Erregungszustand der Drucknerven. Man erinnere sich der von mir beschriebenen Druckpunkte und ihrer ausserordentlichen ortsempfindlichen Eigenschaften. Trifft nun die Erregung den Querschnitt des Nervenstammes, wo vielleicht die Leitungsbahnen entferntester Hautpartieen dicht neben einander gelagert sind, so müssen nach dem Gesetz der excentrischen Empfindung die Druckpunkte in einer ganz regellosen, von der Zusammengehörigkeit in der Hautsinnesfläche abweichenden Art in die Empfindung treten. In Folge ihres feinen Ortsgefühls tritt jeder scharf hervor und ein confluirendes Flächengefühl kommt nicht zu Stande.

Es ist noch besonders hervorzuheben, dass diese Wahrnehmungen an einer Stelle gemacht sind, welche von der ganzen Hand die grösste Kälte- und Wärmeempfindlichkeit besitzt und in dieser Beziehung höchstens noch vom Spatium inteross. IV erreicht wird (bei manchen Individuen); welche jedoch, im Verhältniss zur gesammten Körperoberfläche betrachtet, nur als eine Region von mittlerer Temperaturempfindlichkeit bezeichnet werden kann.

Discussion der Herzen'schen Versuche.

Ehe ich nun die aus vorstehenden Wahrnehmungen zu ziehenden allgemeinen Folgerungen näher ventilire, möchte ich einige Differenzpunkte allgemeinerer Art zwischen der Herzen'schen Anschauungsweise und der meinigen constatiren.

Nehmen wir den Fall an, dass das Ergebniss des Versuches, wie es Herzen schildert, ein absolut zutreffendes sei, so müsste die Kälteempfindlichkeit ungefähr mit der Tastempfindlichkeit, das Wärmegefühl mit dem Schmerzgefühl verschwinden. Dies klingt so, als ob eine Leitungsstörung im peripheren Nervenstamm in der That einen Zustand produciren könnte, bei welchem eine Druckempfindung nicht mehr zu Stande käme, wohl aber noch eine Schmerzempfindung. Wenn dies so wäre, so würden wir ja um die Annahme besonderer peripherer Schmerznerven in keiner Weise herumkommen können. Wir pflegen uns doch vorzustellen, dass in peripheren Nerven nur ein Leitungsweg für schwache und starke Erregungen vorhanden ist, welcher sich im Rückenmark in die druckleitende und die schmerzleitende Bahn spaltet. Wird dieser eine Weg von einer Leitungsstörung betroffen, so wird diese ihren Einfluss auf die ganze Breite der die Nerven durchströmenden Erregungszustände ausüben müssen. Man kann nicht annehmen, dass unter solchen Umständen Erregungen bis zu einer gewissen Intensitätsgrenze einfach vernichtet werden, von dieser Intensitätsgrenze aufwärts aber ungeschwächt hindurchpassiren. Wir sehen, dass bei der Entwickelung der Sensibilitätsstörung derselbe Reiz, welcher vorher eine deutliche Druckempfindung erzeugte, jetzt eine schwächere und immer schwächere producirt. Dies deutet darauf, dass die Breite der Erregungsstärken im Verhältniss zu der Breite der Reizstärken insgesammt nach abwärts verschoben wird. Demgemäss wird auch der zur Erzeugung einer eben merklichen Druckempfindung nöthige Reiz ein grösserer und ebenso der zur Erzeugung einer eben merklichen Schmerzempfindung. Es fällt in Folge dessen ein Theil der Reize, welche vorher Schmerz erregten, also der Schmerzbreite angehörten,

in die Druckbreite. Damit ist keineswegs behauptet, dass die Schmerzschwelle und Druckschwelle sich gleichmässig nach oben verschieben. Jedenfalls aber wird mit Zunahme der Erscheinungen immer mehr von der Schmerzbreite in die Druckbreite einbezogen werden müssen, und es ist recht wohl denkbar, dass ein Zustand erreicht wird, bei welchem die stärksten Schmerzreize eine nur eben merkliche Druckempfindung verursachen; hier ist die Druckschwelle bis zum Maximum der Reiz-Skala verschoben, die letzte Phase vor der absoluten Anästhesie.

Dies ist nicht blosses Raisonnement, sondern eine Abstraction der thatsächlichen Beobachtungen: wie auch immer wir die Erregbarkeit und Leitung bei peripheren Nerven abschwächen, ob durch Compression oder durch Application von anästhetischen Stoffen[1]), wir werden ein gänzliches Ausfallen der Druckempfindungen bei Bestehenbleiben der Schmerzempfindungen nicht erreichen.

Es ist nun möglich, dass Herzen, wenn er sagt, dass die tactilen Eindrücke nicht mehr percipirt würden, nur meint: die sonst ein Berührungsgefühl verursachenden Reize, sagen wir: die „sogenannten Tastreize" erwecken jetzt kein Gefühl mehr. Ist dies der Fall, so gebe ich ihm ohne weiteres Recht. Allein, was ist damit bewiesen? Doch nur, dass der zur eben merklichen Druckempfindung nöthige Reiz stärker sein muss, nicht aber, dass die Erregung der Drucknerven nicht mehr fortgeleitet, die Empfindung des Druckes nicht mehr möglich gemacht werde. So lange die Empfindung des Druckes überhaupt noch zu Stande kommt, müssen auch die Drucknerven noch leitungsfähig sein; die Stärke des Reizes ist hierbei nur von untergeordneter Bedeutung.

In diesem Sinne würde das aus Herzen's Versuch zu ziehende Resumé etwa lauten: Wird auf einen peripheren Nervenstamm ein Druck ausgeübt, so wird zuerst die Leitungsfähigkeit der Kältenerven aufgehoben; erst viel später die der Druck- und Wärmenerven. Die Widerstandsfähigkeit der letzteren beiden gegen die Druckwirkung ist eine ungefähr gleiche. Ist die Leitungsfähigkeit der Drucknerven derartig gestört, dass schwache und mässige Erregungen nicht mehr hindurch passiren, wohl aber stärkere noch, so pflegt die Leitungsfähigkeit der Kältenerven schon aufgehoben zu sein. — Nach dieser Fassung nun ist eine Beziehung der Kälte- zu den Tastempfindungen, der Wärme- zu den Schmerzempfindungen nicht ersichtlich.

Hierzu kommt noch ein Bedenken gegen die Methode. Wenn man das Verhältniss der verschiedenen Gefühlsqualitäten zu einander in

[1]) Siehe weiter unten.

seinen Abweichungen und Veränderungen betrachten will, so muss man das normale Verhältniss in seinem ungestörten Zustande ebenfalls ins Auge fassen. Dieses stellt sich aber nicht an der ganzen Hautsinnesfläche als gleich dar, sondern ist topisch verschieden. Es ist nicht gleichgültig, ob man das Verschwinden der Kälteempfindlichkeit am Hallux, im Spatium interosseum I, oder an der innern Seite des Fussrückens (der kälteempfindlichsten Stelle des Fusses) beobachtet, nicht gleichgültig, ob man es an der Vola oder dem Dorsum des Hallux, der 1. oder der 2. Phalanx beobachtet. Es ist sehr wesentlich, ob das Verschwinden der tactilen Eindrücke die Planta oder das Dorsum pedis oder den Unterschenkel betrifft u. s. w. Es ist daher nothwendig, die Prüfungsstellen genau anzugeben. Ich bin gar nicht im Zweifel, dass Herzen nicht etwa eine beliebige, sondern eine grosse Anzahl von Stellen jedesmal geprüft hat — dies geht ja aus der Richtigkeit seiner Ergebnisse hervor — aber dieses so wichtige topographische Verhältniss fehlt nun einmal in seiner Beweisführung, und der mit diesen Dingen Vertraute fragt sofort: Wo haben wir die Garantie, dass wirklich die kälteempfindlichsten, die wärme- und schmerzempfindlichsten Stellen geprüft sind? Dies aber ist durchaus erforderlich, wenn man das absolute Aufgehobensein der einen oder anderen Qualität constatiren will.

Resumé und Discussion des eigenen Versuchs.

Was nun meine eigenen oben geschilderten Beobachtungen betrifft, so sind aus denselben nachstehende Folgerungen zu ziehen:

1) Die Compression des N. radialis setzt eine allmälig zunehmende Leitungsstörung sowohl die centrifugalen wie der centripetalen Leitung.

2) Diese Störung verläuft fast ohne alle Reizerscheinungen. Jedoch fehlen dieselben nicht ganz, wie die leichten Sensationen im Ausbreitungsgebiet sowie der Wärmesinnhyperästhesie beweisen.

3) Die Störung der Leitung scheint zuerst nur die Kältenerven zu betreffen. Jedoch ist es mir bei Versuchen an anderen Nerven, namentlich dem Medianus — dessen Ausbreitungsgebiet eine feinere Druckempfindlichkeit zeigt als der Radialis — wahrscheinlich geworden, dass die Drucknerven mit den Kältenerven gleichzeitig anfangen, Einbusse zu erleiden; es fehlt uns nur leider an Methoden, um sehr feine Veränderungen der Druckempfindlichkeit, namentlich mit einer gewissen Schnelligkeit, zu constatiren.

4) Sicher aber tritt die absolute Aufhebung der Nervenleitung in den Kältenerven zuerst ein. Zu derselben Zeit ist die Leitung in den Druck- und Wärmenerven in so weit gestört, dass Erregungen unter

einer gewissen Grenze vernichtet werden, oberhalb derselben abgeschwächt zur Perception kommen.

5) Die centrifugale Leitung wird ebenfalls früher aufgehoben, als diejenige in den Druck- und Wärmenerven, aber später, als in den Kältenerven. Dies gilt natürlich nur für den ganz speciellen Fall des N. radialis.

6) Die in den Drucknerven aufwärts laufende Erregung kann schliesslich an der Compressionsstelle so abgeschwächt werden, dass sie nicht mehr sufficient ist, die in der Schmerzleitungsbahn, der grauen Substanz, vorhandenen Widerstände zu überwinden, wohl aber noch durch die Hinterstrangbahn das Sensorium zu erreichen im Stande ist.

7) Die Wiederherstellung der Leitung erfolgt für alle Qualitäten gleichzeitig, ebenso für die centrifugalen Erregungen.[1])

8) Die Wiederherstellung der centripetalen Leitung ist, wahrscheinlich in Folge mechanischer Veränderungen der Nervenfasern bezüglich ihrer Zusammenlagerung an der Druckstelle, mit einem activen Erregungszustande verbunden. Derselbe kann von einer vorübergehenden Hyperästhesie der Druck-, seltener der Kältenerven begleitet sein.

9) Die vorstehenden Sätze, weil in der Hauptsache aus Beobachtungen am N. radialis abgeleitet, gelten streng genommen auch blos für diesen. Jedoch die an anderen Nerven, nur nicht in dieser Vollständigkeit, gemachten bestätigenden Wahrnehmungen, sowie die Fassung der Sätze berechtigen dazu, denselben eine allgemeinere Bedeutung beizumessen. Immerhin kann nicht verhehlt werden, dass die kälteempfindlichsten Regionen (Regio hypochondriaca, Mammilla, Regio lumbalis, Canthus externus oculi) des Körpers dem Versuch noch nicht zugänglich geworden sind. Es könnte daher immer noch der Zweifel übrig bleiben, ob auch an diesen Regionen das beregte Verhältniss der Kältenerven besteht. Dem gegenüber ist nun hervorzuheben, dass das Spatium interosseum I einerseits bezüglich der Kälte- und Wärmeempfindlichkeit eine g l e i c h m ä s s i g e und zwar mittlere Ausbildung zeigt, andererseits weder eine sehr feine, noch eine sehr grobe Druck- und Schmerzempfindlichkeit darbietet. Es dürfte deshalb das Verhältniss der Kälte- zu den Wärmenerven ganz sicher, dasjenige beider zu den Drucknerven nahezu g e n e r e l l e Schlussfolgerungen erlauben.

---

[1]) Das Propagiren der Sensation bei Aufhebung des Druckes dürfte dadurch zu erklären sein, dass die Fasern von kürzestem Verlauf am meisten nach aussen, die längsten nach innen gelagert sind; bei dieser Anordnung wird die Aufhebung des Druckes, indem sie von der Peripherie zur Axe des Nervenstammes vorschreitet, nach dem Gesetz der excentrischen Empfindung ein Wandern der Sensation von oben nach unten, oder allgemeiner in centrifugaler Richtung vortäuschen.

Nach Art und Verlauf des Versuches und der Erscheinungen dürfte ein Zweifel, ob die letzteren wirklich lediglich der Nervencompression zur Last fallen, kaum bestehen. Ganz besonders giebt die Betheiligung der motorischen Nerven der Auffassung und Interpretation eine sichere Basis. Was sonst noch in Betracht kommen könnte, wäre höchstens eine gewisse Beeinflussung der Circulation durch den gleichzeitigen unvermeidlichen Druck auf Gefässe. Ich denke hierbei weniger an die Veränderung der Erregbarkeit durch Anämie und Hyperämie, als an die Veränderung der Eigentemperatur in dem untersuchten Gebiet. Aus diesem Grunde habe ich Temperaturmessungen mit den Nervendruckversuchen verbunden. Es hat sich dabei herausgestellt — wie oben geschildert —, dass während der Compression die Eigentemperatur der Haut meist um ein Geringes abnimmt — aber auch zunehmen kann —, nach Aufhebung der Compression um etwas mehr fällt (2—3° C.). Ich glaube, dass dies mehr mit den Veränderungen der Circulation, als mit der Nervencompression als solcher zusammenhängt. An bekleideten Körpertheilen, wie z. B. Fuss, ist die Abkühlung während des Versuches eine grössere, im Uebrigen von der Lufttemperatur sehr abhängige.

Bedeutung des Abkühlungs-Zustandes.

Diesen Messungen der Eigentemperatur kommt insofern eine Wichtigkeit zu, als die Herabsetzung derselben bei genügender Grösse im Stande ist, genau dieselben Veränderungen der Temperaturempfindlichkeit hervorzubringen wie die Nervencompression. Sie kann daher zur Fehlerquelle werden, und es ist nöthig, auf diesen Umstand näher einzugehen, um darauf sich stützende Einwürfe von vornherein unnöthig zu machen.

Wenn die Eigentemperatur einer Hautstelle sinkt, so wird einem gegebenen Kältereiz gegenüber die Temperaturdifferenz und somit die zur Wirkung kommende Reizstärke geringer. Zu gleicher Zeit wird aber — wie ich früher nachgewiesen habe — die Erregbarkeit der Kältenerven herabgesetzt. Ist demnach die Haut um a Grad abgekühlt, so muss zunächst der zur Erzeugung einer eben merklichen Kälteempfindung nothwendige Kältereiz um a Grad tiefer liegen als vorher; da aber ausserdem die Erregbarkeit vermindert ist, so muss der Unterschied zwischen Objectstemperatur und Hauttemperatur grösser sein als vorher. Bezeichnet man diesen Zuwachs mit α, so muss also, wenn die Eigentemperatur um a^0 sinkt, die Kältereizschwelle um $\alpha + a^0$ sinken. α steht zu a in einem gewissen Verhältniss; demnach geht die Curve der Kältereizschwellen nicht parallel derjenigen der Eigentemperatur, sondern divergirt gegen dieselbe. Ich habe dieses Verhältniss durch Messungen feststellen können und werde

darüber an anderer Stelle Genaueres mitteilen. — Bei einer gewissen Grenze der Abkühlung nun nimmt die Erregbarkeit ganz rapide ab, so dass bald selbst Eis und Kältemischungen von —6° C. kein Gefühl der Kälte mehr hervorbringen. Diese rapide Abnahme beginnt bei 20° C. und wird zur absoluten Kälteanästhesie bei 17,0—18,0° C. Hauttemperatur.

Ganz anders nun gestaltet sich das Verhältniss zu den Wärmereizen. Der Unterschied zwischen gegebener Objectstemperatur und Hauttemperatur wird bei der Abkühlung grösser, somit auch die zur Verwendung kommende Reizkraft. Auch die Erregbarkeit der Wärmenerven wird herabgesetzt. Bezeichnet man den dadurch bedingten Zuwachs zur eben merklichen Reizdifferenz mit a', so sinkt die Wärmereizschwelle bei Abkühlung um a^0 um $a—a^0$. Somit divergirt auch die Curve der Wärmereizschwellen von derjenigen der Eigentemperaturen, und natürlich noch stärker von derjenigen der Kältereizschwellen. Handelt es sich um einen constant bleibenden Wärmereiz, so wird seine Reizkraft bei Abkühlung der Haut um a^0 um $a—a'^0$ vermehrt; demgemäss besteht in der That an der abgekühlten Haut eine grössere Wärmeempfindlichkeit.

Bei einer gewissen Grenze der Abkühlung aber wächst a' so schnell, dass sich die Wärmeempfindlichkeit wieder vermindert. So erscheint derselbe Wärmereiz bei beginnender und fortschreitender Abkühlung der Haut zuerst immer wärmer, um dann wieder abzunehmen. Ein gänzliches Erlöschen der Wärmeempfindlichkeit nun habe ich, wenigstens an physiologisch gut wärmeempfindlichen Stellen, nicht beobachten können. Bei jener Grenze, wo die stärksten Kältereize keine Empfindung mehr verursachen, ist doch immer noch Wärmeempfindlichkeit vorhanden.

Ich glaube nicht, dass man die Ursache hiervon in einer grösseren Widerstandsfähigkeit der Wärmenerven zu suchen nöthig hat. Denn die Verhältnisse liegen für Wärme- und Kältereize so verschieden, dass dieser Umstand allein zur Erklärung genügt. Jeder Kältereiz setzt, indem er die Kältenerven erregt, zugleich ihre Temperatur und ihre Erregbarkeit herunter. Ist die letztere durch den abgekühlten Zustand schon verringert, so muss ein um so grösserer Kältereiz applicirt werden und dieser muss wieder eine um so grössere Abkühlung herbeiführen. Man kann sich nun denken, dass es eine Grenze der Abkühlung giebt, unterhalb deren die Nerventhätigkeit überhaupt nicht mehr möglich ist. Ist jetzt die Haut so weit abgekühlt, dass der zur Erregung einer eben merklichen Kälteempfindung nöthige Kältereiz die Hauttemperatur unter jene Grenze erniedrigt, so ist damit die absolute Anästhesie für Kältereize erreicht — ohne dass die Leitungsfähigkeit der Kältenerven an sich schon gänz-

lich aufgehoben ist. Dagegen erhöht der Wärmereiz durch seinen Contact die Eigentemperatur und verringert die bei der Abkühlung bestehende Herabsetzung der Erregbarkeit der Wärmenerven. So wird der Wärmereiz nicht mit jener Grenze der Lebensthätigkeit in Conflict treten. Letztere liegt wahrscheinlich dicht oder einige Grade unter 17° C. — Dieses Verhältniss erklärt zur Genüge die partielle Empfindungslähmung des Kältesinnes durch Abkühlung. Eine hervorragende Widerstandsfähigkeit der Wärmenerven gegen Abkühlung anzunehmen möchte ich gerade deshalb vermeiden, weil die Kälte- und Wärmereiz-Schwellen auch bei den abgekühlten Zuständen der Haut sich in ziemlich entsprechenden Abständen von der Hauttemperatur bewegen und so in der That ein im Ganzen gleichartiges Verhalten der Kälte- und Wärmenerven gegen die Einflüsse der Abkühlung vermuthen lassen.

Es hat sich also gezeigt, dass die Abkühlung, um jene den Compressionserscheinungen ähnliche Kältesinnlähmung hervorzubringen, doch eine recht beträchtliche sein muss, und es ist so gut wie ausgeschlossen, dass derartige Abkühlungen durch den Versuch, die Entblössung und Blutstauung, gesetzt werden. Jedoch gelten diese Messungen nur für gut kälteempfindliche Stellen und Anwendung maximaler Kältereize; unter anderen Umständen ist eine scheinbare Anästhesie für Kältereize schon viel früher vorhanden. Hat das Spat. inteross. I der Hand oder des Fusses 25—22° C. Eigentemperatur, so wird, eine Lufttemperatur von 15—10° C. vorausgesetzt, ein luftkalter Metallcylinder an vielen Stellen der Hand oder des Fusses nicht mehr gefühlt, ja es kann kommen, dass er überhaupt nur an einzelnen Stellen, den empfindlichsten oder relativ höchst temperirten, eine Empfindung erweckt.

Solche Abkühlungszustände kommen aber vor, selbst ohne dass die Compression noch das Ihrige thut. Manche Leute zeigen eine ganz auffallende Kühle der Füsse und Hände, welche eine Prüfung des Temperatursinnes fast illusorisch macht. Durch Aufenthalt in kühlem Zimmer, Entblössung, wird jene noch vermehrt, so dass man 26—25° C. sehr gewöhnlich, in manchen Fällen aber auch bis zu 22° herunter findet.

Hat man es zufällig mit solchen Abkühlungszuständen zu thun, begnügt man sich bei der Prüfung mit „kalten“ Gegenständen, d. h. solchen von Lufttemperatur, welche vielleicht blos durch ein stärkeres Wärmeableitungsvermögen ausgezeichnet sind, beachtet man vollends nicht die physiologische Ausbildung der Temperaturempfindlichkeit an der betreffenden Stelle — so kann man hierdurch in der That zu falschen Resultaten und Schlüssen gelangen. Dazu käme nun noch die Frage, ob nicht vielleicht bei allgemeiner Störung der Leitung schon eine ge-

ringere Abkühlung die Wirkung auf die Kältenerven ausübt, wie eine stärkere bei normalen Leitungsverhältnissen.

Aus diesen Gesichtspunkten habe ich es für nöthig gehalten, die Eigentemperatur der Haut zu messen; und ich kann nun sagen, dass die Erniedrigung derselben eine so unbedeutende ist, dass sie für die Kältesinnanästhesie nicht in Anschlag kommen kann. — Ich will damit keineswegs gemeint haben, dass Herzen diesen Punkt übersehen habe. Er bespricht ihn zwar nicht und erwähnt auch nicht ausdrücklich, dass er die Hauttemperatur gemessen habe — nur bei dem klinischen Fall giebt er die Temperatur der Beine auf 27° an — allein es ist anzunehmen, dass er dies gethan hat. Denn er bezeichnet Gegenstände von der Temperatur 20—22° als thermisch indifferent, er muss also die Hauttemperatur ungefähr von dieser Höhe gefunden haben. Leider sagt er nicht, ob er Ré. oder C. meint; anzunehmender Weise jedoch das erstere, da sonst die Abkühlung der Beine ja eine sehr bedeutende gewesen wäre. Auch Ré. 20—22° bedeutet eine geringe resp. mässige Abkühlung; da aber Eis als Kältereiz verwendet wurde, so kann die scheinbare Abkühlungsanästhesie auch hier nicht in Frage kommen.

Sonach ist kein anderer Umstand als die Compression des Nervenstammes für die beobachteten Erscheinungen als Causa anzusprechen.

Vergleichung mit anderweitigen Störungen der Erregbarkeit und Leitung.

Wenn wir es sonach als einen gesicherten Erwerb betrachten dürfen, dass durch Druck auf den Nervenstamm die Leitung in den Kältenerven früher aufgehoben wird als in den Wärme- und Drucknerven, so ist dies vorläufig als einzelnes Factum zu behandeln und erlaubt noch keine generellen Schlüsse über die Beziehungen der Kälte- und Wärmenerven zu einander, der Wärme- und Drucknerven zu einander. Es muss dies deshalb festgehalten werden, weil andersartige Eingriffe in die Nerventhätigkeit ein ganz anderes Verhalten der Empfindungsqualitäten zu einander darthun. Die localen Anästhetica nämlich wirken, auf die Endigungen oder Stämme der Hautsinnesnerven applicirt, derartig auf dieselben ein, dass sie

1) den Temperatursinn überhaupt stärker herabsetzen als den Druck- und Schmerzsinn;

2) Kältesinn und Schmerzsinn gleichmässig afficiren.

Ich habe meine diesbezüglichen Beobachtungen in den Monatsheften für prakt. Dermatologie mitgetheilt (1886, N. 2) und will hier nur kurz

das Wesentliche resümiren. Meine Versuche bezogen sich hauptsächlich auf das Cocain. Pinselt man eine Lösung desselben (5—10%ige) auf die Zunge, Mund, oder Nasenschleimhaut oder auf der Hornschicht entledigte Haut, so tritt nach Kurzem eine absolute Anästhesie für Kälte- und Wärmereize ein. Dieselbe entwickelt sich ziemlich schnell und restituirt sich langsam. Sowohl die Entwicklung der Anästhesie wie namentlich ihre Restitution lässt eine zeitlich und quantitativ gleichmässige Betheiligung der Kälte- und Wärmeempfindlichkeit erkennen. Freilich giebt es Verhältnisse, welche eine ungleichmässige Betheiligung der Kälte- und Wärmeempfindlichkeit vortäuschen; viele Stellen der Haut nämlich zeigen eine nicht übereinstimmende Ausbildung des Kälte- und Wärmesinnes, indem physiologisch bei ihnen der eine von beiden überwiegt; an solchen Stellen kann sowohl im Stadium der Abnahme der Empfindlichkeit wie in dem der Restitution der Eindruck vorgetäuscht werden, als sei die eine Qualität mehr betroffen als die andere. Zu gleicher Zeit erfährt auch das Druck- und Schmerzgefühl eine Herabsetzung, jedoch keine völlige Aufhebung. In Folge dessen wird ein Zustand erreicht, welcher mit einer „partiellen Empfindungslähmung“ eine gewisse Aehnlichkeit hat. Bei Application von kalten oder warmen Gegenständen nämlich wird zwar der Contact noch dumpf gefühlt, die Temperatur aber nicht mehr, wohl aber wieder, bei genügender Erhitzung des Objects, Schmerz. Auch der Ortssinn kann noch zu einem Theile erhalten sein, während der Temperatursinn gelähmt ist. Ich erkenne an der Zungenspitze dicht neben der Mittellinie einen Ring als solchen, sobald er 0,1 cm Durchmesser hat; wenn die Sensibilität durch Cocain so herabgesetzt ist, dass erst ein 0,5 cm Ring erkannt wird, so ist das Gefühl für Temperaturen schon gänzlich erloschen.

Aber nicht blos, wenn die Endigungen, sondern auch, wenn die Stämme der Hautnerven getroffen werden, ist das geschilderte Verhältniss des Temperatursinnes vorhanden. Injicirt man eine Cocainlösung subcutan an einer Stelle, wo grössere sensible Stämmchen verlaufen — man kann solche Stellen sehr leicht mittelst des inducirten Stromes finden — so tritt nicht blos in loco eine Anästhesie ein, sondern diese betrifft das ganze Ausbreitungsgebiet der von Cocain afficirten Nervenstämme.

Betrachten wir zunächst die Anästhesie in loco, so sind hier einige für die behandelte Frage sehr bemerkenswerthe Beobachtungen zu verzeichnen. Man kann durch eine 5%ige Cocainlösung an der Einspritzungsstelle einen Zustand völliger Empfindungslosigkeit erzielen. Auch tiefe Nadelstiche, starke inducirte Ströme erzeugen kein Gefühl. Man kann aber auch einen Zustand produciren, welcher nur an die

Grenze völliger Empfindungslosigkeit heranreicht. Hierbei werden Kälte- und Wärmereize garnicht, die gewöhnlichen Berührungsreize und auch stärkerer Druck ebenfalls nicht percipirt. Tiefe Nadelstiche jedoch bewirken an gewissen Punkten, und zwar hauptsächlich an den Haaren[1]), eine leichte dumpfe Druckempfindung; faradische Ströme erzeugen auch bei grösster Stärke keinen Schmerz, wohl aber ein leises Prickeln. Dies ist ein Beweis für die Richtigkeit der oben entwickelten Anschauung, dass bei Analgesie aus peripherischen Ursachen die Schmerzbreite in die Druckbreite einbezogen ist und sonach maximale Schmerzreize nur noch eine Druckempfindung zu Wege bringen. — Wartet man nun den Ablauf der Erscheinungen ab, so stellt sich zuerst die Schmerzempfindlichkeit wieder her, während zugleich die Druckempfindlichkeit deutlicher wird. Es resultirt so allmälig ein Zustand, bei welchem Schmerz zwar abgeschwächt, aber doch recht deutlich, Druck dumpf und erst bei einer gewissen Druckstärke empfunden wird, und dieser Zustand kann noch lange Zeit anhalten, ohne dass eine Spur von Kälte- oder Wärmeempfindlichkeit auftritt. Sobald aber Wärme wahrgenommen wird, so ist in demselben Moment auch Kälteempfindlichkeit zu constatiren. — Hier sehen wir also nichts von einem Zusammengehen des Wärme- und Schmerzgefühls, der Kälte- und tactilen Empfindlichkeit, wohl aber ein solches der Kälte- und Wärmequalität.

Viel weniger ausgesprochen ist die Anästhesie im Ausbreitungsgebiet der in loco vorhandenen Nervenstämme. Druck- und Schmerzempfindlichkeit ist hier stets nur herabgesetzt, und zwar derart, dass man die Herabsetzung am deutlichsten constatiren kann, wenn man schwache Druckreize, sogenannte „tactile Reize“, anwendet, am wenigsten, wenn man Schmerzreize applicirt. Die Herabsetzung der Ortsempfindlichkeit geht derjenigen der Druckempfindlichkeit parallel. Dagegen ist die Temperaturempfindlichkeit aufgehoben. In Folge dessen entsteht die charakteristische Erscheinung, dass bei Application kalter und warmer Gegenstände der Contact, aber nicht die Temperatur gefühlt wird. Die Prüfung der absoluten Kälte- und Wärmeempfindlichkeit giebt dadurch die Möglichkeit, das befallene Gebiet scharf zu umgrenzen, während man selbst mit schwachen Berührungsreizen eine Abgrenzung

[1]) Ich muss hier aut die von mir gemachten Mittheilungen über die sogenannten „Druckpunkte“ und deren hauptsächliche Localisation an den Haaren verweisen. Wer sich von der Existenz derselben nicht überzeugen kann, der untersuche sie an einer Haut mit abgestumpfter Sensibilität, wo sie sehr deutlich hervortreten. Einreiben von 5%iger Carbolsäure eignet sich hierzu. Ich habe mehrfach Nervenkranke untersucht, welche anscheinend analgetisch waren, aber an den Haaren doch noch Schmerz fühlten; es ist dies für die klinische Sensibilitätsprüfung zu beachten.

nicht sicher und scharf ausführen kann. Innerhalb des betroffenen Gebietes sind beide Qualitäten der Temperaturempfindung aufgehoben; die extensive Begrenzung ist für beide Qualitäten dieselbe; tritt die allmälige Restitution ein, so beginnt sie für Kälte- und Wärmereize gleichzeitig. — Ist die Affection des Ausbreitungsbezirkes eine weniger bedeutende, so ist die Temperaturempfindlichkeit nur herabgesetzt, nicht aufgehoben. Auch bei diesem Zustande verhalten sich die beiden Qualitäten gleichmässig[1]).

Diese Erscheinung der absoluten Aufhebung der Temperaturempfindlichkeit bei nur herabgesetzter Druck- und Schmerzempfindlichkeit ist nicht etwa blos an Hautregionen vorhanden, welche schon physiologisch eine schwächere Ausbildung des Temperatursinnes zeigen — wie etwa die Tastflächen — sondern überall, auch da, wo der Temperatursinn eine ganz hervorragende Entwicklung besitzt, wie Injectionen an der Mammillargegend, der Regio hypochondriaca, dem Rücken bewiesen.

Bei so grossen Nervenstämmen wie Ulnaris, Medianus etc. gelingt es nicht, eine Anästhesie zu erzeugen, wohl aber eine merkliche Hypästhesie des Temperatursinnes. Auch diese ist für beide Qualitäten gleichmässig. Gerade diese Versuche aber zeigen deutlich, dass es sich um eine Wirkung des Cocains auf die Nervenstämme, also um eine Leitungsanästhesie handelt. Denn die oft in grosser Entfernung von der Injectionsstelle auftretende Hypästhesie, z. B. bei Injection an der Umschlagsstelle des Radialis im Spatium inteross. I der Hand, kann auf einen directen Import des Stoffes nicht bezogen werden.

Die hervorragende Betheiligung des Temperatursinnes an dem

---

[1]) Für dieses ungleichartige Verhalten der Temperaturnerven einerseits und der Drucknerven andererseits könnte man allenfalls die verschiedene Natur der adäquaten Reize verantwortlich machen. Die grob-mechanisch erschütternde, dislocirende Wirkung der Druckreize ist vielleicht an und für sich im Stande, einen stärkeren Erregungszustand hervorzurufen, als die mehr molecular wirkenden Temperaturreize. Es würden unter dieser Voraussetzuug bei einer allseitigen Herabsetzung der Erregbarkeit nur noch die Druck- und Schmerzreize als actuell restiren, während die thermischen vergeblich gegen die gestörte Neurilität kämpfen. Allein dies ist doch immerhin nur eine Voraussetzung, und man könnte auch der Ansicht sein, dass die Temperaturnerven in der That eine besonders geringe Widerstandsfähigkeit besitzen. Letzteres wird nun noch wahrscheinlicher gemacht durch den Herzen'schen Versuch. Die Lehre von den specifischen Energieen in ihrer modernen Form nimmt eigentlich die leitenden Nerven als gleichartig an und legt die Differenzirungen lediglich in die peripheren und centralen Endapparate. Das Herzen'sche Phänomen und vielleicht auch die Cocainerscheinungen deuten jedoch darauf, dass auch in den leitenden Nerven irgend eine Verschiedenheit, wie sie nun auch zu definiren sei, vorhanden ist.

anästhetischen Erfolge ist nicht auf eine specifische Wirkung des Cocains zu schieben; denn auch andere Anästhetica produciren dieselben Erscheinungen. So vor allem Carbol, ferner Kawa-Kawa, Chloroform, Menthol[1]). Es dürfte daher nichts dagegen einzuwenden sein, wenn man das geschilderte Verhalten als Phänomen einer Veränderung der Nervenerregbarkeit und Nervenleitung durch chemische Einwirkung auffasst.

Es fragt sich nun, ob man diese in ihren Ergebnissen so abweichenden Versuche mit den Nervendruckversuchen überhaupt vergleichen kann. Es handelt sich in letzteren lediglich um Veränderung der Leitungsfähigkeit grosser Nervenstämme. Die Wirkung der Chemikalien in loco auf die Nervenendigungen muss daher sofort von der Vergleichung ausgeschlossen werden. Aber auch die subcutanen Injectionen sind den Nervendruckversuchen nicht conform. Denn eine vollständige Temperatursinnanästhesie durch Cocain wurde nur bei Versuchen an kleinen Nervenstämmchen erzielt; dagegen gelang es an denjenigen grossen Nervenstämmen, an welchen die Nervendruckerscheinungen studirt wurden, nicht, auch nur eine Kälteanästhesie zu erzeugen, sondern stets nur eine Hypästhesie beider Qualitäten. Es bliebe daher immer noch die Möglichkeit, dass bei den grossen Nervenstämmen auch Anästhetica zuerst eine Kältesinnlähmung erzeugen, ohne Aufhebung des Wärmesinnes, obwohl ein solcher Unterschied zwischen grossen und kleineren Nervenstämmen doch recht unwahrscheinlich ist.

Allein, wenn die chemischen Einwirkungen dem Herzen'schen Versuche auch nicht ganz conform sind, so haben sie doch ein Recht, wenigstens für sich betrachtet zu werden. Und dann könnte man mit derselben Berechtigung wie Herzen aus seinen Beobachtungen, aus ihnen generelle Schlüsse auf die Beziehungen der Qualitäten zu einander ziehen — welche den seinigen gänzlich widersprechend sein würden. Dieser Widerspruch aber kommt wohl zweifellos von dem Umstande her, dass die Wirkung der Anästhetica auf den Nervenstamm, ganz abgesehen von der Grösse desselben, überhaupt eine andersartige ist als die Druckwirkung. Damit aber dürfte der Beweis erbracht sein, dass die Versuchsbedingungen in dem Nervendruckversuch zu einseitig sind, um zu generellen Schlussfolgerungen zu berechtigen.

Ich möchte hier noch gleich anschliessend erwähnen, dass bei einer dritten Versuchsanordnung noch wieder andere Beziehungen der Empfindungsqualitäten imponiren. Wenn man nämlich einen

[1]) l. c.

sensiblen Nervenstamm stark faradisirt, so werden Reize, welche gleichzeitig in seinem Ausbreitungsgebiet angebracht werden, sehr abgeschwächt wahrgenommen. Die Abschwächung hält noch einige Secunden nach Schluss der Electrisation an. Die Abschwächung zeigt sich für Kältesinn und Wärmesinn ebenfalls wieder gleichmässig, trifft aber die Druck- und Schmerzempfindlichkeit relativ viel stärker, als die Anästhetica es thun. Ich habe zwar auch hierbei Zustände produciren können, wobei Temperaturen nicht mehr, sehr starke mechanische Reize aber noch eine Sensation bewirkten, allein im Ganzen verläuft die Herabsetzung der Reizbarkeit doch als eine ganz auffallend gemeinsame für sämmtliche Qualitäten.

Schliesslich ist hier noch eine Beobachtung anzufügen, welche speciell gegen die Beziehung von Wärmegefühl zum Schmerzgefühl in dem Herzen'schen Sinne spricht. Wenn man nämlich Cocain auf eine durch Entfernung der Hornschicht, mittelst Canthariden, wundgemachte Hautstelle pinselt, so tritt in der geschilderten Weise sehr bald, nach etwa einer Minute, Anästhesie für Kälte und Wärme ein. Dabei aber besteht eine vorübergehende Hyperalgesie gegen Wärmereize derart, dass dieselben in ganz auffallend verschärftem Maasse Schmerz erregen. Ich habe die Schmerzgrenze durch Messungen festgestellt und dabei (ausführliche Tabelle l. c.) gefunden: Dicht neben der wunden Stelle auf gesunder Haut entsteht bei Application eines Wärmereizes von 60° C. nach 7 Secunden Contact mässiger Schmerz;

an der wunden Stelle vor der Bepinselung bei Wärmereiz 55° C. nach 2—3 Secunden Contact heftiger Schmerz;

an der wunden Stelle nach Bepinselung bei Wärmereiz 44° C. nach 1 Secunde heftiger Schmerz.

An der Zunge lässt sich auch bei intactem Epithel eine Hyperalgesie constatiren. Ganz ähnlich wirkt Chloroform.

Während also die Wärmenerven völlig unempfindlich sind, befinden sich die schmerzleitenden Nerven in einer Art von erhöhter Erregbarkeit. Wieder ein Beispiel, wie wenig die blosse mechanische Leitungsstörung im Stande ist, Licht über die Beziehung der Wärmenerven zur Schmerzempfindung zu verbreiten.

Medullare Leitung.

Ebenso wenig aber nun, wie mir nach den Beobachtungen am peripherischen Nerven ein solcher Zusammenhang ersichtlich ist, erscheint er für die medullare Leitung plausibel. Wie oben erwähnt, begründet Herzen seine Ansicht einmal mit der längeren Reactionszeit der Wärmeempfindungen.

Jedoch die Reactionszeit stellt einen Complex von Vorgängen dar, welcher sich in der Hauptsache aus der Reizübertragung, Leitung, Eintritt in das Bewusstsein zusammensetzt. Man kann nicht ohne weiteres eine Vergrösserung der Reactionszeit der Leitung zuschieben, ohne die anderen Momente wenigstens zu ventiliren.

Reizübertragung. Bei dem Dunkel, welches noch die Uebertragung der Temperaturreize in Nervenerregungen umgiebt, ist zunächst die Möglichkeit, dass die Uebertragung der Wärmereize längere Zeit erfordert als die der Kältereize, durchaus nicht von der Hand zu weisen.

Es könnte einmal in Frage kommen, ob nicht vielleicht die Endigungen der Wärmenerven einfach tiefer liegen als die der Kältenerven? — Meine an exstirpirten Kälte- und Wärmepunkten angestellten mikroskopischen Untersuchungen, (s. diesen Band S. 219) haben einen sichtbaren Unterschied zwischen den Endigungen der Kälte- und Wärmenerven nicht ergeben, speciell aber möchte ich eine tiefere Lagerung der letzteren sicher ablehnen: beide dringen bis gegen das Epithel vor. Dennoch aber könnte es sein, dass die Endausbreitung der Wärmenerven diffuser angelegt ist als die der Kältenerven. Es ist dies ein Punkt, der durch die mikroskopische Untersuchung kaum nachgewiesen werden kann, auch nicht auf Schnittserien. Wenn man die Annahme machte, dass die einem Temperaturpunkt entsprechende Ramification der terminalen Nervenfäden bei den Wärmenerven eine sowohl nach der Tiefe wie nach der Breite grössere Ausdehnung habe als bei den Kältenerven, so würde man hiergegen zur Zeit nichts vorbringen können. Eine solche Annahme entbehrt aber keineswegs einer gewissen Berechtigung. Das Wärmegefühl unterscheidet sich nämlich vom Kältegefühl nicht blos durch die längere Reactionszeit, sondern noch durch andere charakteristische Eigenthümlichkeiten. Ich erlaube mir, die in meiner Arbeit gegebene Schilderung hier zu reproduciren[1]): „Das Kältegefühl bei Reizung eines Kältepunktes ist ein momentan erfolgendes, aufblitzendes. Das Wärmegefühl bei Reizung eines Wärmepunktes dagegen erfolgt nicht momentan, sondern erscheint anschwellend; es ist diffuser und gewährt an manchen Körperstellen (Mammillargegend, Unterleib u. a.) den Eindruck, als ob es sich nach der Tiefe hin ausbreite.“ Man kann sich von dem Unterschiede recht deutlich überzeugen, wenn man zwei mit einander verbundene Metallcylinder oder Reagensgläser, von denen das eine kalt, das andere warm ist, gleichzeitig dicht neben einander auf die Haut aufsetzt. Hierbei

---

[1]) Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven. Dieser Band S. 107.

nämlich hat man in dem Moment des Aufsetzens nur eine Kälteempfindung, welche aber sehr schnell von der anschwellenden Wärmeempfindung überdeckt wird, so dass schliesslich letztere allein die herrschende ist, bis auch sie abnimmt. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Kälteempfindung maximal einsetzt und decrescendo verläuft, die Wärmeempfindung minimal einsetzt und crescendo verläuft. Eine diffusere Anordnung der Endfäden der Wärmenerven, eine concentrirtere derjenigen der Kältenerven, würde wohl für dieses Verhalten ein verständliches ursächliches anatomisches Moment abgeben.

Aber mag auch die Annahme einer solchen anatomischen Verschiedenheit als gänzlich in der Luft stehend abgewiesen werden, so liegt doch ein anderes, nicht wegzuschaffendes Moment in der durchaus verschiedenen physikalischen Wirkung des Kältereizes und Wärmereizes. Ersterer kühlt die Nervenenden und die umgebenden Theile ab und verdichtet sie, letzterer erwärmt sie und dehnt sie aus. Die Nervenenden erleiden dabei eine gewisse Veränderung, welche einen Erregungszustand setzt. Weshalb soll diese Veränderung durch jene so differenten Vorgänge in je derselben Zeit bewirkt werden? Es ist recht gut denkbar, dass die erregende Veränderung, welche ein Nervenende durch eine Abkühlung und Verdichtung erleidet, schneller erfolgt, als diejenige, welche einer Erwärmung und Ausdehnung entspricht.

Eintritt in das Bewusstsein. Der psycho-physische Vorgang bietet ebenfalls ein Moment dar, welches hier nicht unberücksichtigt bleiben darf. Es ist in Uebereinstimmung mit anderen Kenntnissen über die Reactionszeiten, z. B. bei den Tastwahrnehmungen, dass die Reactionszeit abnimmt mit der Deutlichkeit, Prägnanz, Schärfe der Empfindung. So ist die Reactionszeit auch viel länger an Stellen mit schlechtem Wärmegefühl als an solchen mit gutem Wärmegefühl. An letzteren, z. B. Regio hypochondriaca, ist der Unterschied in der Reactionszeit bei Kälte- und Wärmereizen sehr gering. Nun macht aber die Kälteempfindung durch ihre Qualität selbst zweifellos einen grösseren Eindruck auf das Sensorium als die Wärmeempfindung. Es mag hiermit im Zusammenhang stehen, dass das Kältegefühl vorwiegend den Charakter des Unangenehmen, das Wärmegefühl den des Angenehmen hat. Daher dürfte der Qualität der Empfindung bezüglich des psycho-physischen Vorganges eine gewisse Bedeutung, und zwar zu Gunsten der Reactionszeit der Kälteempfindung, zukommen.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, dass ausser den Verhältnissen der Leitung doch noch manche andere hier bei der Reactionsdauer in Betracht kommen, welche ebenso maassgebend sind. Um die Leitung als das Hauptmoment bezeichnen zu können, bedürfte es erst einer

Beweisführung per exclusionem; andernfalls würden wir für die hier vorliegende Verschiedenheit der Reactionsdauer die Leitungsbahnen ebenso wenig verantwortlich machen können, als etwa in den Versuchen von v. Vintschgau, welcher die Reactionszeit bei den verschiedenen Geschmäcken als different nachwies.

Weiterhin beruft sich Herzen auf den Eingangs geschilderten klinischen Fall. Es war Schmerz- und Wärmegefühl erhalten, Berührungs- und Kältegefühl aufgehoben. Bei der Section fanden sich die Hinterstränge verändert, aber die graue Substanz intact. Wie sehr verlockend es nun auch gemäss unserer sonstigen Denkweise über Ausschaltung von Leitungsbahnen sein mag, hier die graue Substanz für die Schmerz- und Wärmesinnleitung in Anspruch zu nehmen, so erscheint es doch gerade im Hinblick auf den Herzen'schen Versuch am peripheren Nerven ebenso gerechtfertigt, anzunehmen, dass Schmerz- und Wärmegefühl, oder zum mindesten Wärmegefühl ebenfalls durch die Hinterstränge geleitet wird. Der Befund in vivo ist ja in dieser klinischen Beobachtung ganz derselbe wie bei der Compression des peripheren Nerven. Mit demselben Recht, mit welchem in jenem Versuch nicht etwa gefolgert wurde, dass die Leitungsbahn für Wärme und Schmerz überhaupt ausserhalb des comprimirten Nerven verliefe, sondern nur, dass dieselbe widerstandsfähiger sei als diejenige für Berührung und Kälte — mit demselben Recht kann man hier Angesichts des Sectionsbefundes dafür plaidiren, dass die pathologische Veränderung der Hinterstränge wohl die eine Bahn habe zerstören können, nicht aber die andere. Um die Analogie mit der Compression des peripheren Nervenstammes noch näher auszuführen, möchte ich darauf hinweisen, dass Herzen ausdrücklich die bestehende Pachymeningitis hypertrophica hervorhebt, welche die hinteren zwei Drittheile des Rückenmarks einnimmt, welches letztere verdünnt erscheint. Bei diesem Befund denkt man nothwendig an eine Druckwirkung auf die Medulla und es ist Angesichts dieses vollendeten Parallelismus zwischen Experiment und klinisch-pathologischer Beobachtung doch wohl natürlicher, für die beiden gleichen Erscheinungsreihen gleiche, und nicht verschiedene, Ursachen anzunehmen.

Da endlich die Durchschneidungs-Versuche bei Thieren für die Frage der Wärmenerven zu keinem Resultat geführt haben, so komme ich zu dem Schluss, dass die Vermuthung, die Wärmeempfindung werde durch die graue Substanz geleitet, durch nichts berechtigt ist.*) Vielmehr bin ich überzeugt, dass die Wärmenerven gemeinsam mit den Kältenerven

*) Anmerk. Ich brauche wohl kaum zu bemerken, dass diese Anschauung auf Grund unserer neueren Kenntnisse über den Faser-Verlauf in den Hintersträngen zu modificiren ist.

in die Hinterstränge eintreten. Ich selbst fahnde seit länger als einem Jahre auf solche Fälle, wie Herzen das Glück gehabt hat, einen zu finden. Denn da die Casuistik der partiellen Empfindungslähmungen bei den anderen Sinnesorganen, zum Theil wenigstens, eine so vortreffliche Stütze für das Gesetz der specifischen Energieen bildet, so war ich überzeugt, dass auch partielle Kältesinn- oder Wärmesinnlähmungen vorkommen möchten, die nur bei der vorher geltenden Anschauung von der Einheit des Temperatursinnes nicht beachtet worden wären.

Jedoch habe ich einen solchen Fall partieller Kälte- oder Wärmesinnlähmung bis jetzt nicht finden können. Und bei den zahlreichen Störungen des Temperatursinnes, welche ich beobachtet habe, war nur in zwei Fällen die Affection des Kältesinnes bedeutender als die des Wärmesinnes, welcher aber beide Male immerhin auch gestört war. Diese beiden Fälle betrafen weit gediehene Tabiker. Sonst aber habe ich bei allen untersuchten Tabesfällen, ca. 30, wenn überhaupt Temperatursinnstörungen vorhanden waren, dieselben gleichmässig für Kälte- und Wärmesinn gefunden. Gerade die Tabes aber ist der natürliche Prüfstein der Herzen'schen Hypothese. Sie müsste Störungen des Kälte- und Druckgefühls, bei intactem Schmerz- und Wärmegefühl, zeigen.

Bei einem der Tabiker war an einem circumscripten Gebiet, (Knie, innere Seite) die Wärmeempfindlichkeit völlig erloschen, während Schmerz gut gefühlt wurde.

Bei einem Falle von spastischer Paralyse wurde an beiden Beinen Kälte und Wärme nirgends, wohl aber Druck recht gut, Schmerz etwas herabgesetzt gefühlt.

Beide Fälle sprechen gegen die Hypothese; der eine zeigt, dass Wärmegefühl und Schmerz, der andere, dass Druckgefühl und Kältegefühl nicht nothwendig zusammengehen müssen.

Freilich kann man, wenn man die in der Litteratur bekannten Fälle von Temperatursinn-Lähmung liest, sich des Eindruckes nicht erwehren, dass dieselbe mit Vorliebe mit einer Störung des Schmerzgefühls einhergeht. Da jedoch früher die Nothwendigkeit der Untersuchung sowohl mit Kälte- wie mit Wärmereizen nicht bekannt war, so ist eine Benutzung der Fälle in Fragen der Kälte- und Wärmeempfindlichkeit kaum möglich; vielmehr sind hier erst neue Erfahrungen zu machen.

12.

Ueber die Reactionszeit der Temperaturempfindungen.

Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin. (Sitzung vom 17. Juni 1887.)

Von Herzen sowie von dem Vortragenden ist bereits darauf aufmerksam gemacht worden, dass die Kälte- und die Wärmeempfindung zeitlich getrennt zur Wahrnehmung gelangen. Stern (Oppenheim) deutet an, dass er bei gesunden Personen eine Incongruenz zwischen Berührungs- und Wärmeempfindung, nicht aber zwischen Berührungs- und Kälteempfindung gefunden habe. Auch eine Mittheilung von Ewald ist hier anzuführen, wonach bei Tabikern die Latenzzeit der Reflexbewegungen bei Kältereizen kürzer war als bei Wärmereizen. Eine exacte Bestimmung der Reactionszeit der Temperaturempfindungen ist jedoch noch nicht ausgeführt worden.

Methode: Eine Metallkugel von Kirschen-Grösse ist an dem einen Ende eines rechtwinklig gebogenen starren Drahtes befestigt; letzterer trägt an der Stelle seiner rechtwinkligen Knickung eine Axe, welche in einem in eine Holzplatte eingelassenen Lager sich bewegt. Das freie, horizontal gerichtete Ende des Drahtes ruht auf einer ebenfalls in die Holzplatte eingelassenen verstellbaren Platinspitze. Wird die nach unten hängende Kugel bewegt, so entfernt sich das freie Ende des Drahtes von der Spitze und so wird ein zwischen dieser und dem Achsenlager fliessender electrischer Strom unterbrochen, in welchen ein Signalapparat eingeschaltet ist. Die Kugel wird abgekühlt oder erwärmt und dient als Temperaturreiz, indem der zu prüfende Körpertheil mit ihr in Berührung gebracht wird und sie zugleich aus ihrer Lage bewegt. Der hierbei von der Kugel auf die Haut ausgeübte Druck kann dadurch regulirt werden, dass die vertikal befestigte Holzplatte gedreht werden kann; der Grad

der Drehung ist an einer unten angebrachten Kreisbogentheilung mittelst eines im Mittelpunkt der Platte aufgehängten Pendels abzulesen. Das Reactionssignal wurde durch einen zwischen die Schneidezähne genommenen Beiss-Contact ertheilt. Die Aufzeichnung der Signale geschah an einer sich drehenden Kymographion-Trommel, auf welcher zugleich behufs Zeitmessung Stimmgabel-Schwingungen verzeichnet wurden. Die Schwierigkeiten, welche die Untersuchung der Reactionszeit gerade der Temperaturempfindungen bieten muss, waren von vornherein klar: die Leitung der Temperatur durch die Epidermis zu den Nervenenden wird verschiedene Zeit beanspruchen je nach der Dicke der Epidermis und der Differenz zwischen Haut- und Reiz-Temperatur. Um diese variable Grösse möglichst constant und die Leitungszeit überhaupt möglichst gering zu machen, wurden Stellen mit besonders dicker Epidermis bei der Vergleichung vermieden und die Reize relativ stark gemacht. Allein es zeigte sich bald, dass ein anderer Factor eine viel grössere Wichtigkeit beansprucht. Die absolute Temperatur-Empfindlichkeit zeigt nämlich die grössten regionären und localen Differenzen, d. h. die Intensität der durch einen gleichen Temperaturreiz ausgelösten Empfindungen ist eine sehr wechselnde. Die Reactionszeit ist aber, wie nachher berichtet werden wird, in der genauesten Abhängigkeit von der Intensität der Empfindung. Diese wurde daher denn auch als Maasstab bei den Versuchen zu Grunde gelegt, derart, dass vom Gesicht, oberen Extremitäten, Rumpf und unteren Extremitäten Partieen von hervorragender und ungefähr gleicher Temperaturempfindlichkeit ausgesucht und mit Kältereizen von ungefähr 15° C. und Wärmereizen von ungefähr 50° C. behandelt wurden. Diese Partieen waren: Gegend des äusseren Augenwinkels und der anliegende Wangentheil, unteres Drittel der Ulnarfläche des Oberarms und oberes Drittel der Vola des Unterarms, besonders im radialen Theil, Stellen des Meso- und Epigastriums, unteres Drittel der inneren Fläche des Oberschenkels und innere Fläche des Knies. Die Prüfungen dieser Stellen bildeten das Skelet der Versuche, welche ausserdem sich dann noch auf manche anderen Regionen erstreckten. Die Ausführung der Prüfungen geschah meist so, dass der betreffende Körpertheil activ der Kugel genähert wurde; jedoch wurde eine Reihe von Controlversuchen angestellt, bei welchen die Kugel durch eine andere Person an die Haut angelegt wurde.[1]) Die Selbstreizungen haben speciell bei der Untersuchung des Temperatursinnes gewisse Vortheile, obwohl sie sonst bei Bestimmungen von Reactionszeiten nicht üblich sind. Ausserordentlich leicht

---

[1]) Herr Prof. Gad und Herr Wurster hatten die Freundlichkeit, hierbei den Vortragenden zu unterstützen.

nämlich ermüdet eine mehrfach gereizte Stelle und giebt dann eine schwächere Empfindung; ferner kommt es leicht vor, dass auch innerhalb einer gut-empfindlichen Partie weniger-empfindliche Hautstellen von der Kugel getroffen werden. In solchen Fällen kann man bei der Selbstreizung in sehr einfacher Weise einen Wechsel der Applicationsstellen eintreten lassen, was bei Reizung durch Andere weit weniger gut zu machen ist. — Es wurden bezüglich der Kältempfindung 41 Versuchsreihen, bezüglich der Wärmeempfindung 53 Versuchsreihen, im Ganzen 2172 Einzel-Versuche enthaltend, angestellt. — Die bei der Berührung der Kugel entstehende Tastempfindung kann durch eine gewisse Uebung vollständig vernachlässigt werden; es kommt daher nicht etwa zu einem psychischen Vorgang der Unterscheidung der Temperaturempfindung von der Berührungsempfindung („Unterscheidungszeit“ in dem von Kries-schen Sinne). Dass die Vernachlässigung der Berührungsempfindung in der That gelungen ist, geht schon aus den sich von der Reactionszeit der Tastempfindungen wesentlich unterscheidenden Werthen hervor. Der Gesichtssinn wurde natürlich durch Augenschluss ausgeschaltet.

Resultate: 1. Wenn man aus den für die intensiven Empfindungen der erwähnten Körperregionen gewonnenen Versuchsreihen die Durchschnittswerthe berechnet, so ergiebt sich folgende Zusammenstellung, in welcher 0,01 Secunde die Einheit bildet.

	Kälte	Wärme
Gesicht	13,5	19
Obere Extremität .	15	27
Bauch	22,6	62
Untere Extremität .	25,5	79

Die Wärmeempfindung kommt sonach thatsächlich später zur Perception als die Kälteempfindung und diese Zeitdifferenz vergrössert sich mit der Entfernung des geprüften Körpertheils vom Gehirn, derart, dass sie bei der unteren Extremität den enormen Werth von ungefähr $^1/_2$ Secunde erreicht.

2. Ist die Empfindung nur von mässiger Stärke, so werden die Zeitwerthe erheblich grösser, und noch viel mehr wachsen sie bei schwachen Empfindungen, so dass z. B. eine mässige Wärmeempfindung vom Arm eine Reactionszeit von 46 bis 54 Hundertstel, eine schwache Wärmeempfindung vom Arm eine solche von 90 bis 110 Hundertstel einer Secunde besitzt. (Die ausführliche Mittheilung der Zahlen ist einer grösseren Publication vorbehalten.) Zugleich sind die einzelnen Versuchsergebnisse und auch die Mittelwerthe der Versuchsreihen weniger übereinstimmend als bei den intensiven Empfindungen. Die langsamere Leitung durch die Hornschicht trägt bei den schwächeren Tempe-

raturreizen jedenfalls zur Vergrösserung der Reactionszeit mit bei; jedoch ist der maassgebende Umstand die Intensität der Empfindung selbst; dies geht aus folgender Betrachtung hervor: Man kann eine schwache Empfindung einmal dadurch erzeugen, dass man eine gut empfindliche Stelle schwach reizt und ferner dadurch, dass man eine schwach empfindliche Stelle stark reizt. Bei ersterem Vorgehen wird die Leitung durch die Epidermis eine langsamere sein als bei letzterem. Dennoch findet man bei letzterem nicht blos ebenfalls sehr grosse Reactionszeiten, sondern unter Umständen längere als bei ersterem Verfahren. Diese Erscheinung der Correlation von Reactionszeit zu Empfindungsstärke ist übrigens durchaus im Einklang mit den Erfahrungen anderer Autoren (Exner, v. Kries und Hall, v. Vintschgau.).

Durch das vorstehend Mitgetheilte wird das Verständniss für die klinisch beobachtete Erscheinung ermöglicht, dass bei Tabikern sich eine Verlangsamung der Perception von Wärmereizen, nicht aber von Kältereizen constatiren lässt (Stern-Oppenheim) und dass diese Verlangsamung um so geringer erscheint, je stärker der angewendete Wärmereiz ist.

Was die Interpretation des Phänomens betrifft, so könnte man daran denken, dass die medullare Leitung sich für die Wärmereize in anderen Bahnen bewege als für die Kältereize (hintere graue Substanz und Hinterstränge, Herzen). Jedoch kann der Vortragende sich einer solchen Anschauung nicht anschliessen. Auch in der Uebertragung des Reizes auf die peripheren Nervenenden kann die Ursache nicht gelegen sein, denn wenn selbst die Umsetzung des Wärmereizes in eine Nervenerregung längere Zeit erforden sollte, als diejenige des Kältereizes, so könnte es sich doch nur um eine geringfügige Constante handeln. Einer hinreichenden Erklärung ist die beschriebene Erscheinung zur Zeit nicht zugänglich.

Die Untersuchungen sind in der unter der Leitung des Herrn Prof. Gad stehenden Abtheilung des physiologischen Instituts gemacht, welchem der Vortragende für seine mannigfachen Rathschläge zu grösstem Dank verpflichtet ist.

———

13.

Ueber die Topographie des Temperatursinnes.

Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin. (Sitzung vom 1. Juli 1887.)

Hierzu Tafel IV u. V.

Schon E. H. Weber hat auf die localen Unterschiede aufmerksam gemacht, welche die Ausbildung des Temperatursinnes zeigt und eine Reihe von diesbezüglichen einzelnen Daten mitgetheilt. Dieselben sind von Nothnagel bestätigt und vermehrt worden. Der Vortragende hat es unternommen — und zwar zu dem praktischen Zwecke, um eine Basis für die klinische Temperatursinnprüfung zu gewinnen —, die Beschaffenheit des Temperatursinnes in seiner continuirlichen Verbreitung über die gesammte Körperoberfläche festzustellen. Als Maassstab wurde die absolute Empfindlichkeit, ausgedrückt durch die Intensität des Eindrucks, welchen ein und derselbe Temperaturreiz hervorruft, genommen. Die Beobachtungen erstreckten sich zunächst auf den eigenen Körper, an welchem abschnittsweise die deutlich wahrnehmbaren Abstufungen des Kälte- resp. Wärmesinnes festgestellt und abgezeichnet wurden. Es ergaben sich für den Kältesinn 12, für den Wärmesinn 8 wohl zu unterscheidende Intensitätsstufen. Eine grössere Zahl anatomisch markirter Hautstellen, welche derartig ausgewählt wurden, dass sie an jedem grösseren Körperabschnitt die dort vorhandenen Abstufungen der Temperaturempfindlichkeit in sich repräsentirten, wurden als Prüfungsstellen zur klinischen Temperatursinnuntersuchung bestimmt und bezüglich ihrer Constanz bei 30 Personen verglichen. Nachdem ihnen so ihr Plåtz in der Skala angewiesen, wurden bei 5 von diesen Personen durch Vergleichung der gesammten Hautfläche mit den Prüfungsstellen möglichst continuirliche Aufnahmen der Temperatur-

sinntopographie bewerkstelligt, welche zu jener ersten ergänzend hinzutraten. So entstanden — im Verlauf von ca. 2 Jahren — die vorliegenden Tafeln, welche demnächst im Archiv für Psychiatrie zur Veröffentlichung gelangen. Aus denselben geht hervor, dass die absolute Temperaturempfindlichkeit der Haut ausserordentlich bedeutende locale Verschiedenheiten darbietet. Diese sind oft an dicht benachbarten Hautpartieen ausgesprochen, woraus schon Weber geschlossen hat, dass es nicht blos die Beschaffenheit der Oberhaut sei, welche diese Verschiedenheiten bedinge, sondern die Anlage des nervösen Apparates selbst. Der Kältesinn ist durchweg verbreiteter und intensiver angelegt als der Wärmesinn. Sehr in die Augen fallend ist dies Verhältniss am Unterschenkel und Fuss. Nur an einzelnen beschränkten Stellen kann gelegentlich der Wärmesinn den Kältesinn überragen. Dabei geht die Entwicklung beider Qualitäten insofern Hand in Hand, als dort, wo der Kältesinn stärker ausgebildet ist, es auch der Wärmesinn ist. Die Verschiedenheiten der absoluten Empfindlichkeit sind lediglich durch die Innervation bedingt, derart, dass sie dort zunimmt, wo ein sensibler Nerv mit seinen Verästelungen in die Hautsinnesfläche eintritt und nach den Grenzen seines Ausbreitungsbezirkes hin wieder abnimmt. Innerhalb jedes Innervationsterritoriums ist der Wärmesinn extensiv und häufig auch intensiv schwächer angelegt als der Kältesinn. Deshalb tritt die Felderung nach Innervationsterritorien für den Wärmesinn deutlicher hervor als für den Kältesinn. Sehr deutlich ist dieselbe an der Kopfhaut, wo die Gebiete des N. frontalis, des N. auriculo-temporalis mit dem N. occipitalis minor und des N. occipitalis major durch unempfindliche Lücken von einander getrennt sind. Auffallend ist die sich an der Seitenwand des Rumpfes herunterziehende längliche Lücke. Dieselbe entspricht denjenigen Stellen, an welchen die Rami laterales der Intercostalnerven hervortreten und sich je in einen nach vorn und einen nach hinten ziehenden Ast theilen. Wahrscheinlich verzweigen sich letztere hauptsächlich in der Richtung nach vorn und nach hinten, während die der Theilung selbst entsprechende Hautstelle wenig innervirt wird. Die vordere schmälere Längslücke entspricht den Durchtrittspunkten der Rami anteriores der Intercostalnerven, die hintere den Durchtrittspunkten der Rami posteriores. Der den Dornfortsätzen entsprechende Hautstrich zeigt ein merkwürdiges Verhalten; er ist nämlich für Kälte mehr empfindlich als die seitlich von ihm gelegene Partie, dagegen für Wärme weit weniger empfindlich als letztere. Dies kann wohl nur so erklärt werden, dass die medialwärts gehenden Zweige der Cutanei posteriores sich mit den in ihnen enthaltenen Kältenerven von beiden Seiten her durchflechten, während die Wärmenerven — gemäss

ihrer überhaupt geringeren Entwicklung — sie vielleicht nur mit spärlichen Ausläufern erreichen. An der hinteren Fläche des Schultergelenks und Oberarms findet sich zwischen den Gebieten des N. axillaris, N. cutaneus int. und den Nn. supraclaviculares ein sehr schwach wärmeempfindliches Gebiet, während für den Kältesinn keine deutliche Trennung der Nervenbezirke vorhanden ist. Aehnlich verhalten sich an der Beugefläche des Unterarms die Gebiete des N. cutaneus medius und des N. musculo-cutaneus. Die extensivere Verbreitung der Kältenerven ist sehr deutlich am Handrücken. Am Unterschenkel ist die Gebietstrennung zwischen Saphenus major und Peroneus auch für den Kältesinn ausgesprochen, besonders augenfällig ist hier auch die Abnahme der Kälteempfindlichkeit innerhalb des Peroneusgebietes nach unten hin und ebenso der Wärmeempfindlichkeit innerhalb des Saphenusgebietes. In diese Reihe gehört auch die Erscheinung, dass auf Knochen und Knochenvorsprüngen die Temperaturempfindlichkeit meist eine weit geringere ist als in der Umgebung, wie z. B. auf den Metacarpalknochen, dem Olecranon, der Patella, der vorderen Tibiafläche u. a. m. — Die von Weber und Nothnagel hervorgehobene Erscheinung, dass der Temperatursinn in der Mittellinie des Körpers schwächer ist als seitlich, kann durch die Tafeln im Ganzen bestätigt werden. Eine Ausnahme macht der Kältesinn an der hinteren Commissur. An der vorderen Rumpffläche ist die Erscheinung deutlich, wenn man nicht gerade die Mittellinie, sondern die mittlere Zone überhaupt mit den Seitentheilen vergleicht. Sehr augenfällig ist das beregte Verhalten im Gesicht. — Im Allgemeinen nimmt die Temperaturempfindlichkeit von der Peripherie nach dem Rumpf hin zu, verhält sich demnach umgekehrt wie der Ortssinn. Jedoch besteht keineswegs eine Reciprocität zwischen Temperatur- und Druck- resp. Ortsempfindlichkeit; es scheint nur, dass eine grössere Menge von Temperaturnerven und eine grössere Menge von Drucknerven sich an einer und derselben Hautstelle ausschliessen; so findet man mehrfach Verhältnisse wie an der Volarfläche der Nagelphalanx, wo die Beere eine sehr feine Ortsempfindlichkeit und sehr schwachen Temperatursinn, die oberhalb derselben gelegene Hälfte der Phalanx geringeren Ortssinn und bessere Temperaturempfindlichkeit besitzt. Da somit die Drucknerven allein kein vollständiges Bild von der Versorgung der Haut mit Nerven geben, so wird ein Einwand hinfällig, welcher gelegentlich bei der Discussion über die anatomische Einheit oder Verschiedenheit der Weber'schen Empfindungskreise erhoben worden ist, dass nämlich die Nerven am Rücken, wo die Ortsempfindlichkeit 30 Mal gröber sei als an der Fingerspitze, doch wohl nicht 30 Mal weniger dicht lägen. Dies ist eben garnicht nothwendig, weil die Rückenhaut

sehr viel mehr Temperaturnerven enthält als die Fingerspitze. — Die von Weber mitgetheilte Beobachtung, dass warmes Wasser uns beim Eintauchen der ganzen Hand wärmer vorkommt als beim Eintauchen eines Fingers, dürfte nicht ohne weiteres dahin zu erklären sein, dass die Intensität der Temperaturempfindung mit der Grösse der gereizten Fläche wächst, — wie Weber wollte — da es ebenso wahrscheinlich ist, dass die stärkere Temperaturempfindung von den stärker empfindlichen Stellen, wie sie an der Mittelhand vorhanden sind, ausgelöst wird. — Die Topographie der absoluten Empfindlichkeit fällt nicht zusammen mit derjenigen der Unterschiedsempfindlichkeit. Nach den Feststellungen von Nothnagel und von Eulenburg ist die letztere an der Volarfläche der Nagel-Phalanx 3—5 Mal so fein als am Rücken, während die absolute Empfindlichkeit an jener weit schwächer ist als an diesem u. s. w., die Unterschiedsempfindlichkeit hängt wahrscheinlich nicht von dem Nervenreichthum und der absoluten Stärke der Empfindung ab, sondern von dem Gebrauch, welchen wir gerade von der betreffenden Hautpartie als percipirendem Organ zu machen pflegen, d. h. von der Uebung.

14.

Die Einwirkung der Kohlensäure auf die sensiblen Nerven der Haut.

Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin. Sitzung v. 7. Novbr. 1887.

Herrn Geheimrath du Bois-Reymond verdanke ich die Anregung, den Ursachen der eigenthümlichen Wärmeempfindung welche gasförmige Kohlensäure in der Haut erregt, nachzugehen. Das Phänomen ist folgendes: Taucht man die Hand in ein mit Kohlensäure gefülltes Gefäss, so hat man sofort eine deutliche Wärmeempfindung, welche kurze Zeit hindurch noch wächst, um dann abzuklingen. Viel stärker ist das Wärmegefühl, wenn man grössere und wärmeempfindlichere Flächen wählt, z. B. die Kohlensäure unter die Kleider, besonders an den Beinen, leitet. Ein schon bestehendes Wärme-Gefühl wird durch das Gas erheblich gesteigert. — Kisch beschrieb die Erscheinung 1863 als Wahrnehmung bei kohlensauren Gasbädern und fand, dass das Wärmegefühl in einem Gasbade von + 12° C. einer Temperatur von 45° C. entsprach. Ich selbst finde bei Temperaturen der Kohlensäure von 18°—28° C. die Wärmeempfindung an der Hand nur so stark, wie sie durch ein 2—3° C. höher temperirtes Luftmedium producirt wird. Der Grund dieser Abweichung liegt zum Theil in der relativ geringen Wärmeempfindlichkeit und Flächenausdehnung der Hand. — Was die Erklärung der Erscheinung betrifft, so sind zunächst die physikalischen Verhältnisse zu betrachten:

1. Die Ursache könnte in der grösseren Feuchtigkeit der Kohlensäure gelegen sein. Taucht man nämlich die Hand in ein Gefäss, welches Luft von grossem Feuchtigkeitsgehalt enthält, so empfindet dieselbe alsbald ein lauliches Gefühl, welches immer mehr wächst und eine gewisse Höhe erreicht. Grössere Versuchsreihen mit atmosphärischer

Luft von verschiedenster Temperatur und Feuchtigkeit ergaben mir folgendes: Warme feuchte Luft von 28° C. und darüber erscheint uns relativ wärmer als trockene Luft von gleicher Temperatur, ja unter Umständen wärmer als höher temperirte trockene Luft, jedoch darf die Differenz höchstens 5—6° C. betragen, wobei der Unterschied des relativen Feuchtigkeitsgehalts mindestens 50° (Haar-Hygrometer) sein muss. — Kalte feuchte Luft von 15° und darunter erscheint uns relativ weniger kalt als trockene Luft von gleicher Temperatur, sofern der Unterschied im relativen Feuchtigkeitsgehalt etwa 40° beträgt; jedoch ist hier die Feuchtigkeit nur im Stande 1° C. Temperatur-Differenz auszugleichen. — Bezüglich der Erklärung dieser Erscheinungen kommt wohl für feuchte Luft von Hauttemperatur und darüber neben der gehemmten Abdunstung von der Hautoberfläche noch die grössere Wärme-Capacität des Wasserdampfes in Betracht (1,96 zu 1,00 der Luft), während für geringere Temperaturen der feuchten Luft letzteres Moment sogar auf grössere Abkühlung hinarbeiten müsste. Es scheint daher, dass die durch die Hemmung der Verdunstung gesetzte Verringerung der Wärmeabgabe bei weitem das Hauptmoment ist.

Dass aber der Feuchtigkeitsgehalt der Kohlen säurenicht die Ursache des Wärme-Gefühls ist, geht einfach daraus hervor, dass durch Chlorcalcium gejagtes Gas es ebenfalls producirt. Jedoch ist die qu. Empfindung allerdings in feuchter Kohlensäure stärker als in getrockneter — und auch dies möchte bezüglich der Differenz zwischen den Angaben von Kisch und meinem Befund von Belang sein.

2. Das Wärmeleitungsvermögen der Kohlensäure ist nach Dulong etwas grösser als das der Luft, also kann auch hierin eine Ursache für die Erscheinung nicht gelegen sein.
3. Die Wärme-Capacität der Kohlensäure ist ebenfalls grösser als die der Luft (1,2583 zu 1,0000). Da das angewandte Gas stets niedriger temperirt war als die Haut, so musste es derselben sogar relativ mehr Wärme entziehen als Luft.
4. Das Absorptionsvermögen der Kohlensäure für Wärmestrahlen wird verschieden angegeben. Nach Magen und Tyndall absorbirt dieselbe weit mehr davon als Luft, während Franz keinen Unterschied zwischen beiden Gasarten gefunden hat. Dass die Kohlensäure durch Absorption ihre Eigentemperatur so erhöht, dass sie dadurch ein Wärmegefühl erregt, ist schon deshalb nicht anzunehmen, weil das in der Kohlensäure befindliche Thermometer

während der für den Versuch in Frage kommenden Zeit seinen Stand nicht veränderte.[1])

5. Man muss voraussetzen, dass durch die Absorption der Kohlensäure in der Feuchtigkeit des Hautgewebes Wärme frei wird. Allein dass es diese entbundene Wärme sei, welche wir fühlen, wird durch mehrere Dinge unwahrscheinlich gemacht. Bei Versuchen mit durch Collod. cantharid. enthornter Haut, gegen welche der Kohlensäurestrom gerichtet wurde, zeigte sich nämlich regelmässig, dass ein sehr deutliches Wärmegefühl entstand, sobald die Oberfläche trocken war, dass dasselbe aber auch bei noch so langdauernder Application nicht hervorzurufen war, sobald eine capillare Serumschicht herausperlte, um wieder aufzutreten', wenn man letztere abtupfte. Es wurde ferner die gründlich abgeseifte Hand mit Wasser von Hauttemperatur benutzt, derart, dass sie mit einer kaum sichtbaren Flüssigkeitsschicht bedeckt war, und in mit Feuchtigkeit nahezu gesättigte Kohlensäure gehalten. Sofort beim Eintauchen verschwand das der Verdunstung entsprechende kühle Gefühl, um einer sich allmälig entwickelnden Wärmeempfindung Platz zu machen; jedoch erreichte letztere auch bei längerem Abwarten nicht annähernd die Höhe wie an der anderen trockenen, vergleichsweise in dasselbe Kohlensäuremedium getauchten Hand. Da aber durch die grössere Flüssigkeitsmenge ein grösseres Quantum von Kohlensäure absorbirt, demnach auch ein grösseres Quantum von Wärme freigemacht wird, so müsste im Gegentheil in der feuchten Hand ein stärkeres Wärmegefühl zu Tage treten als in der trockenen und wenn auch die Flüssigkeitsschicht zunächst selbst ein Leitungshinderniss abgiebt, so müsste doch wenigstens nach längerer Zeit eine intensivere Wärmeempfindung erscheinen — wenn eben die durch Absorption des Gases entbundene Wärme die Ursache unseres Phänomens wäre.

Physiologisch könnte die Ursache des Wärmegefühls in einer Erweiterung der Blutgefässe und daraus resultirender Erhöhung der Eigentemperatur der Haut gesucht werden.

---

[1]) Herr Dr. Sklarek hatte die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, dass nach den Versuchen von Röntgen die Absorption der Wärmestrahlen durch Kohlensäure zweifellos eine sehr bedeutende ist. Allein Röntgen giebt selbst die Erwärmung dieses Gases bei Bestrahlung durch einen Bunsen'schen Brenner als im Mittel um 1° C. an und sie dürfte bei den von der Hand ausgehenden Wärmestrahlen eher geringer als stärker sein. Da die Kohlensäure Lufttemperatur besitzt, ist somit die Bedingung zur Erzeugung eines Wärmegefühls nicht gegeben.

1. Bei der thermometrischen Messung der Haut wurde eine Zunahme der Haut-Temperatur nicht gefundeu. Jedoch ist dies für die vorliegende Frage ohne Bedeutung. Einmal nämlich ist das Thermometer (spiralig geformtes Quecksilbergefäss) nicht empfindlich genug, um selbst bei Wärmeempfindungen, welche durch äussere Erwärmung veranlasst sind, sofern sie nicht wesentlich intensiver sind als die Wärmeempfindung bei Kohlensäure, eine wirkliche Temperaturerhöhung an der Haut-Oberfläche erkennen zu lassen. Ferner hat eine mathematisch-physikalische Verfolgung der Frage, wie sich aussen applicirte Wärme in der Haut fortleitet, — worüber eingehender berichtet werden wird — ergeben, dass in der Zeit, welche von der Application eines Wärmereizes bis zu dessen Wahrnehmung vergeht, die Veränderung der Eigentemperatur in der Schicht der Nervenendigungen bei dem schlechten Wärmeleitungsvermögen der Oberhaut ungemein geringfügig ist, vielleicht unter Umständen nur Tausendstel von Graden beträgt. Vorausgesetzt, dass Kohlensäure eine so geringe Erhöhung der Temperatur in der Nervenendschicht bewirke, so würde es schon unmöglich sein, sie in letzterer selbst nachzuweisen — thermometrisch —, geschweige denn an der durch die schlechtleitende Hornschicht von jener getrennten Hautoberfläche.

   Dennoch möchte ich Versuche anführen, welche dafür sprechen, dass eine wirkliche Erwärmung der Haut resp. der empfindlichen Schicht derselben durch Kohlensäure nicht producirt wird. Wenn man nämlich den Kohlensäure-Strom gegen künstlich enthornte Hautstellen (Collod. cantharid.) von guter Wärmeempfindlichkeit, deren Eigentemperatur man festgestellt hat, richtet, so hat man sofort ein starkes Wärmegefühl und bringt man nun das auf die Eigentemperatur der Stelle eingestellte Thermometer unmittelbar nach dem Auftauchen des Wärmegefühls auf das Versuchsterrain zurück, während der Gasstrom sistirt ist, so sinkt dasselbe regelmässig um einige Zehntel bis 1° C. Die Versuchsstelle entspricht dabei in ihrer Grösse genau dem Quecksilbergefäss des Thermometers. Die Versuche wurden sofort nach Entfernung der Blase, ehe sich noch eine Fibrinschicht bildete, gemacht.

2. Falls Kohlensäure eine wirkliche Erwärmung der empfindlichen Schicht der Haut bewirkte, so müsste dadurch, wenn man die Hand in Kohlensäure taucht, deren Temperatur unter der Lufttemperatur liegt, der dabei resultirenden Abkühlung entgegengewirkt werden. Demnach müsste kalte Kohlensäure weniger kalt erscheinen als ebenso kalte Luft. Allein die Versuche haben er-

geben, dass dies nicht der Fall ist, sofern der Feuchtigkeitsgehalt der Kohlensäure nicht grösser ist als derjenige der Luft.

3. Wenn Kohlensäure die Hauttemperatur erhöhte, so müsste ein Gefäss mit kalter Luft der Hand, welche aus Kohlensäure kommt, kälter erscheinen als vorher resp. kälter als der anderen Hand. Dies wurde nie bemerkt. Jedoch lassen sich gegen die Bedeutung dieses Beweispunktes einige Einwendungen machen.

4. Lässt man den annähernd auf die Hauttemperatur angewärmten Kohlensäurestrom gegen die Conjunctiva des Kaninchens gehen, so tritt nach einer gewissen Zeit eine deutliche Röthung ein. Wirkt das Gas auf eine enthornte Stelle der menschlichen Haut, so ist zur Zeit der Sensation nichts von Farbenveränderung zu sehen, wohl aber bildet sich bald darauf eine Röthung nicht blos der Stelle selbst, sondern auch der Umgebung, welche im Verlauf der weiteren Manipulationen zunimmt. Von dieser sichtbaren Veränderung kann das Wärmegefühl sicher nicht abgeleitet werden. Als primären Effect der Kohlensäure muss man vielmehr eine Gefäss-contrahirende vermuthen. Skórzewski[1]) hat am Kaninchenohr und der Froschzunge gefunden, dass unter der Einwirkung eines dünnen Kohlensäurestromes die Arterien sich erweitern, die Venen sich verengern; zuweilen jedoch trat als erste Wirkung eine Verengerung der Arterien und Erweiterung der Venen ein, was aber bald in den entgegengesetzten Zustand überging. Es ist gewiss unwahrscheinlich, dass die Gefässerweiterung sich schnell genug herausbildet, um das so unmittelbar erfolgende Wärmegefühl zu erklären.

5. Wirkung auf die sensiblen Nerven überhaupt. Kohlensäure wirkt nach den vorliegenden Angaben sowohl erregend wie lähmend. Sie erregt das Inspirationscentrum, bewirkt Herzstillstand in der Diastole durch Vagusreizung (Cyon), steigert die Tastempfindlichkeit (Kisch), verfeinert den Raumsinn (v. Basch und v. Dietl). Nach längerer Dauer der Einwirkung setzt das Gas die Sensibilität herab (Kisch); es wirkt geradezu als Anästheticum (Brown-Séquard), ist als schmerzstillendes Mittel bei Krebsgeschwüren u. dergl. verwendet worden, wurde sogar für die allgemeine Narkose vorgeschlagen. Die Bacterien- und Flimmerbewegung wird gelähmt, jedoch kann auch hier eine beschleunigende Wirkung als erster Effect zuweilen beobachtet werden (Grossmann und Meyerhausen, Engelmann). In Uebereinstimmung hiermit

[1]) Polnisch; mir nur aus dem Referat — Virchow-Hirsch 1878 — bekannt.

finde ich, dass Kohlensäure an Schleimhäuten, sowie enthornter Haut Schmerz erzeugt, auch an intacten empfindlicheren Hautstellen unangenehme Sensationen macht. Lässt man es nicht bis zum Schmerz kommen, so ist zugleich mit dem Beginn einer prickelnden warmen Sensation ein deutlicher hyperästhetischer Zustand zu bemerken; leichte Berührungen werden stechend empfunden, jedoch ist die Reizschwelle nicht verfeinert; Wärmereize erregen ein brennend wundes Gefühl, etwa wie beim Verbrühen, zugleich aber auch wirklich wärmere Empfindung als vorher; um letzteres wahrzunehmen, muss man den Wärmereiz während der durch das Gas hervorgerufenen Sensation wirken lassen. Nach kurzer Dauer der Einwirkung der Kohlensäure wird die prickelnde Empfindung schwächer und schwächer und zugleich stellt sich ein Zustand verminderter Empfindlichkeit ein. Die Reizschwelle für Berührungsempfindungen ist verschoben, feine Tastreize werden garnicht, mässige schwach empfunden; die Kälteempfindlichkeit ist erheblich abgestumpft, die Wärmeempfindlichkeit ebenfalls, jedoch in *nicht so hohem* Grade; so konnten an einer enthornten Stelle, an welcher ein in Eis gekühlter Metallcylinder nicht mehr gefühlt wurde, Wärmereize immer noch, wenn auch noch schwach, als solche wahrgenommen werden, während normal diese Stelle Kälte und Wärme gleich gut fühlte. Auf die Abkühlung der Stelle (s. oben) kann man dieses Missverhältniss nicht schieben, da erstere zu gering ist. Bei noch weiterer Einwirkung des Gases tritt dann auch eine nachweisbare Herabsetzung der Schmerzempfindlichkeit ein. Die Hyperästhesie verläuft für Kälte-, Wärme- und Druckreize zeitlich durchaus parallel und ist im Allgemeinen schnell vorübergehend.

Aus dem Dargestellten sind nun, wie ich glaube, eine Reihe von Beweismomenten dafür erwachsen, dass das fragliche Wärmegefühl einer *directen chemischen Erregung der Wärmenerven* entspricht, nämlich:

1. An der enthornten Stelle tritt mit dem Wärmegefühl gleichzeitig eine Abkühlung ein.
2. Kalte Kohlensäure erscheint ebenso kalt als gleichtemperirte Luft.
3. Mit dem Wärmegefühl ist ein Zustand der Wärmehyperästhesie verbunden.
4. Gleichzeitig mit der Wärmeempfindung tritt auch eine Erregung und ein hyperästhetischer Zustand der Gefühlsnerven auf.
5. Die Herabsetzung der Empfindlichkeit ist bei den Wärmenerven weniger ausgesprochen als bei den Kältenerven; wenn die lähmende

Wirkung des Gases für beide Nervenarten different ist, so kann es auch die erregende sein.

6. Endlich noch eine bisher nicht erwähnte Erscheinung: Wenn man einen angewärmten Kohlensäurestrom — Temp. des austretenden Gases 26° C. — auf eine Reihe intacter Hautstellen z. B. am Arm wirken lässt, so hat man meist ein kühles, an gewissen Stellen aber ein warmes Gefühl. Bezeichnet man letztere und prüft sie mit dem adäquaten Reiz, so zeigt sich, dass sie von hervorragend guter Wärmeempfindlichkeit bei nur mässiger Kälteempfindlichkeit sind. Die physikalisch abkühlende Wirkung des strömenden Gases ist offenbar an diesen Stellen dieselbe wie an den anderen, und es ist nicht zu verstehen, wie zugleich mit der Abkühlung die Kohlensäure ein Wärmegefühl anders als durch chemische Reizung hervorbringen soll. Noch deutlicher wird die Erscheinung, wenn man an den verschiedenen Stellen Menthol einreibt, welches im Allgemeinen die Kälteempfindlichkeit, an Stellen von bevorzugter Wärmeempfindlichkeit jedoch die letztere erhöht.

Die Untersuchungen sind in der speciell-physiolog. Abth. des hies. Physiol. Instituts unter Leitung von Herrn Prof. Gad angestellt, dem ich dankbarst verpflichtet bin.

15.

Ueber die Reactionszeiten der Temperaturempfindungen.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Berlin.)

Archiv für Anatomie und Physiologie. 1888. Physiologische Abtheilung.

Vorbemerkungen.

Ueber die Zeiten, innerhalb welcher Temperaturempfindungen zum Bewusstsein gelangen, besassen wir bis vor Kurzem noch keine Angaben. Exner hatte bei seiner Untersuchung der „Reactionszeiten" davon Abstand genommen, Temperaturreize in den Kreis seiner Betrachtungen zu ziehen, in der Voraussicht, dass die Wärmeleitungsgeschwindigkeit durch die Oberhaut und die grössere oder geringere Temperaturdifferenz zwischen Reizobject und Haut eine grössere Rolle spielen würden, als dass man aus den zu gewinnenden Zeitwerthen Schlüsse auf die einzelnen Elemente der Reactionszeit würde ziehen können und dieselben einer vergleichenden Betrachtung gegenüber anderen Sinnesmodalitäten würde unterwerfen dürfen. Die volle Berechtigung dieser Bedenken wird am besten aus den folgenden Mittheilungen selbst hervorgehen, aber zugleich auch, dass die Reactionszeit der Temperaturempfindungen für sich selbst wegen einer bemerkenswerthen Eigenthümlichkeit Interesse in Anspruch nimmt. Ich habe in meiner Arbeit „Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven"[1]) darauf hingewiesen, dass der zeitliche Verlauf der Kälte- und der Wärmeempfindung ein verschiedener ist, insofern die erstere im Moment der Reizung zu erfolgen scheint, letztere aber erst nach einer gewissen Zeit eine deutliche Höhe erreicht. Schon viel früher war es Herzen aufgefallen, dass Wärme langsamer zur Perception kommt als Kälte und derselbe hat dies Moment

---

[1]) Dieser Band S. 117.

zur Unterstützung seiner Ansicht herbeigezogen, dass die medullaren Leitungswege für beide Qualitäten der Temperaturempfindung verschieden seien. Dieser Forscher hat sich schon 1878 mit den Reactionszeiten der Temperaturempfindungen beschäftigt und gezeigt, dass dieselben für die Wärmeempfindung erheblich länger sind als für die Kälteempfindung (0·50—60 zu 0·25—30) — ebenso wie er schon damals als Erster die Dualität des Temperatursinnes behauptete.[1]) Einer Mittheilung Herzen's aus dem Jahre 1886[2]) entnehme ich, dass Tanzi an vier Personen seine Resultate bestätigt und als Mittel für die Kälteempfindung 0·227, für die Wärmeempfindung 0·507 Sec. gefunden hat. Ferner hat Bolko Stern,[3]) welcher unter Oppenheim's Leitung die Sensibilität bei Tabikern untersuchte, angedeutet, dass er bei gesunden Personen eine Incongruenz zwischen Berührungs- und Wärmeempfindung, nicht aber zwischen Berührungs- und Kälteempfindung gefunden habe. Bei Tabes konnte Stern mehrfach eine Verzögerung der Wärmeempfindung um mehrere Secunden constatiren; die Incongruenz zwischen Wärme- und Tastempfindung war um so geringer, je stärker der Wärmereiz war. Ewald[4]) hat 1883 bei Tabikern mit verlangsamter Reflexerregbarkeit verschieden temperirte Reize auf Fussrücken und Fusssohle wirken lassen, wobei sich ergab, dass die Reflexbewegung bei Temperaturen von 0·5° C. schneller erfolgte als bei solchen von 50—60° C. Von verschiedenen Beobachtern also wurde übereinstimmend bemerkt, dass in der Zuleitung von Kälte- und Wärmereizen zum Sensorium zeitliche Unterschiede bestehen und in der Absicht, dieser eigenthümlichen Erscheinung näher zu treten, habe ich versucht, die Reactionszeiten der Temperaturempfindungen festzustellen.

Es ist mir nachträglich zur Kenntniss gekommen, dass Herr Professor v. Vintschgau sich bereits im Jahre 1883 mit dieser Aufgabe beschäftigt hat. Er benutzte zu seinen Versuchen einen Apparat, welcher nach demselben Princip construirt war, wie seine Vorrichtung zur Ermittelung der Reactionszeit der Geschmacks- und Tastempfindungen. Derselbe gestattete, in dem Augenblick, wo ein mit warmem oder kaltem, auf constanter Temperatur erhaltenen Wasser gefülltes Gefäss die Haut berührte, einen Strom zu schliessen. v. Vintschgau hat damals, wegen der noch geringen Zahl von Beobachtungen, keine Zahlenwerthe mitgetheilt, jedoch bereits bemerkt, dass „Unterschiede in den Reactionszeiten bei Erregungen der verschiedenen Stellen mit Kälte

---

[1]) Lo Sperimentale, de Florence, Oct. 1879. Separat-Abdruck.

[2]) Extrait des Archives des Sciences physiques et naturelles. Juin 1886. t. XV.

[3]) Archiv für Psychiatrie. 1886. S. 485.

[4]) Archiv für Anat. und Phys. 1883. S. 455.

vorzukommen scheinen, welche durchaus nicht blos durch verschiedene Entwickelung der Epidermis erklärt werden können".[1]) Mein in der Berliner Physiologischen Gesellschaft über diesen Gegenstand am 17. Juni 1887 gehaltener Vortrag hat v. Vintschgau sodann veranlasst, die Resultate seiner unterdess bereits wieder aufgenommenen Versuche — mit E. Steinach zusammen — in einer vorläufigen Mittheilung niederzulegen.[2])

Methode.

Meine Aufgabe war in erster Linie, die zeitliche Differenz zwischen der Wahrnehmung von Kälte- und Wärmereizen zu constatiren; weiterhin, absolute Werthe bezüglich der Reactionszeiten zu gewinnen, welche eine Vergleichung mit den bekannten Werthen der anderen Sinnesreize erlaubten. Dem ersten Zwecke mussten schon einfach vergleichende Versuche genügen, bei welchen die Bedingungen für die Kälte- und Wärmereize die gleichen waren, speciell die Differenzen der Kältereize einerseits, der Wärmereize andererseits gegenüber der Hauttemperatur entsprechend gewählt wurden. Insofern unter den möglichen Ursachen der zeitlichen Incongruenz beider Empfindungsqualitäten die Verhältnisse der Leitung durch Nerven und Rückenmark sicherlich eine Berücksichtigung erheischen würden, mussten die Versuche an verschiedenen Körpertheilen angestellt werden, wobei die Möglichkeit gegeben war, die letzteren so auszusuchen, dass die Dickenverhältnisse der Oberhaut sich möglichst gleichartig gestalteten. Unter diesen Umständen fiel für die vergleichenden Versuche das aus der Wärmeleitungsgeschwindigkeit in der Oberhaut entsprungene Bedenken fort — nicht aber so für die Ermittelung der absoluten Zeitwerthe. Handelt es sich z. B. darum, die Reactionszeit einer Temperaturempfindung an einer bestimmten Hautstelle mit derjenigen einer Druckempfindung ebendort in Beziehung zu setzen, so wird — da man voraussetzen kann, dass unter allen Umständen ein Druck sich schneller zu den Nervenenden fortpflanzt als eine Störung des stationären Wärmestromes — die erstere ein Plus enthalten, welches der bei der Fortleitung der Wärme zu den Nervenenden absorbirten Zeit entspricht und welches ausser von den allgemeinen und später näher zu betrachtenden physikalischen Eigenthümlichkeiten der Oberhaut von der jedesmaligen Dicke derselben und der jedesmaligen Differenz zwischen Reiz- und Hauttemperatur abhängt, und zwar be-

[1]) Separat-Abdruck aus den Berichten des wissenschaftlich-medicinischen Vereins zu Innsbruck. XIII. Jahrgang. IX. Sitzung vom 16. Februar 1883.

[2]) Pflüger's Archiv u. s. w. 1887. Bd. XLI. S. 367.

kanntlich derart, dass die fragliche Zeit umgekehrt proportional der Temperaturdifferenz und proportional der Dicke der trennenden Schicht ist. Wollen wir daher die Bedingungen denen des Druckreizes möglichst gleich machen, so werden wir Stellen mit nicht besonders dicker Oberhaut und maximale Temperaturreize wählen. Da wir dadurch gleichzeitig starke Erregungen der Temperaturnerven setzen, so werden wir die gewonnenen Zeitwerthe mit denjenigen starker mechanischer Reize — bekanntlich sind die Reactionszeiten von der Stärke der gesetzten Erregungen abhängig — zu vergleichen haben. Bezüglich der Auswahl der Stellen gesellte sich noch ein Moment hinzu. Bloch, Exner, Hall und v. Kries, v. Vintschgau und Hönigschmied haben übereinstimmend darauf hingewiesen, dass die Reactionszeit von der jeweiligen Empfindlichkeit der gereizten Stelle abhängig ist. Bei Hall war die Reactionszeit für Reizung des Oberarmes — mit Inductionsschlägen — grösser als für Reizung der Fingerspitze; bei v. Kries betrug der Unterschied nur 0·003 Secunden. Die Erregung des Nackens wurde nur um 0·008—0·006 Secunden früher signalisirt als die der Fingerspitze. Die Reactionszeit bei Reizung der Zungenspitze wurde von v. Vintschgau und Hönigschmied bei fast allen Versuchspersonen kürzer befunden als diejenige bei Reizung der Zungenmitte und des Zungengrundes. Demnach war auch für die Temperaturreize zu erwarten, dass die örtliche Empfindlichkeit eine Rolle spielen würde, und zwar eine um so grössere, als die topischen Differenzen der Empfindlichkeit hier ungemein erheblich sind. Ich verstehe hierbei als Maass der Empfindlichkeit die Intensität der Kälte- oder Wärmeempfindung an verschiedenen Stellen bei gleichem Reiz. Es waren deshalb die verschiedenen Körperstellen so auszuwählen, dass sie sich bezüglich ihrer Empfindlichkeit möglichst nahe kämen und zugleich, um ein Optimum von Reactionszeit zu bekommen, von möglichst grosser Temperaturempfindlichkeit. Es möge hier gleich bemerkt werden, dass, wenn auch diese Verhältnisse von Anfang an gewürdigt wurden, doch ihr Einfluss — wie sich später zeigte — noch bei weitem unterschätzt wurde. Nach diesen Gesichtspunkten gestalten sich also die Versuchsbedingungen in folgender Weise: Es wurden Kälte- und Wärmereize von maximaler Intensität, aber so, dass sie in gleichen Verhältnissen zur Eigentemperatur der Haut standen, angewendet und an verschiedenen Körperabschnitten applicirt. An letzteren wurden die zur Prüfung gelangenden Stellen so ausgesucht, dass sie von grosser und möglichst gleicher Temperaturempfindlichkeit waren und sich auch bezüglich der Dicke der Oberhaut möglichst ähnlich verhielten. — Im weiteren Verlauf wurden, um den Einfluss der Verschiedenheiten der Empfindlichkeit sowie der Reiz-

intensität kennen zu lernen, nun schliesslich auch Versuche an minder empfindlichen Hautregionen und mit mässigen und schwachen Temperaturreizen angestellt.

Der Apparat (Fig. 1), dessen ich mich bediente, war folgendermaassen construirt: Ein mit einer Handhabe versehenes rundes Brett trägt ein Axenlager, in welchem sich ein Winkelhebel dreht. Derselbe besteht aus einem abwärts und einem rechtwinklig dazu seitwärts gehenden Schenkel. Der abwärts gehende Schenkel trägt eine Messingkugel von 2·9 cm Durchmesser und 96·6 grm Gewicht, der wagerecht gerichtete Schenkel ruht mit seinem federnden Ende auf einer ebenfalls in das Brettchen eingelassenen Platinspitze derart, dass die geringste Fortbewegung der Kugel den Contact aufhebt. Axenlager einerseits und Platinspitze andererseits sind mit den verschiedenen Polen eines Elementes verbunden; besteht demnach der Contact, so schliesst der Draht einen Strom, in welchen ein electrischer Signalschreiber eingeschaltet ist, derart, dass der Moment der Oeffnung und Schliessung je durch eine senkrechte Marke auf der berussten Trommel bezeichnet wird. Die Kugel wird erwärmt oder abgekühlt und dient als Reizobject, indem der zu prüfende Körpertheil gegen sie hin bewegt wird. Das Brettchen wird mittelst der Handhabe in einem Stativ befestigt, derart, dass der Kugelarm annähernd senkrecht herabhängt; die Abweichung von der Verticalen kann an einer den unteren Umfang des Brettchens einnehmenden Kreistheilung mittelst eines vom Mittelpunkte des Brettes herabhängenden Pendelchens abgelesen werden.

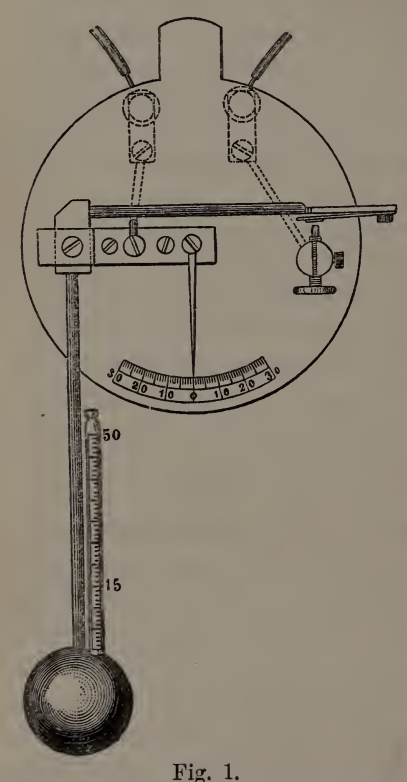


Fig. 1.

Der Zweck dieser Einrichtung ist folgender: Der Widerstand, welchen die Kugel der andrängenden Haut entgegensetzt, ist von der Anfangsstellung derselben derart abhängig, dass er mit der Entfernung des Kugelarmes von der Verticalen wächst. Bezeichnen wir die Masse der Kugel mit m und den Winkel, welchen der Kugelarm a mit der Verticalen bildet, mit α, so ist der von der Kugel gegen die Haut ausge-

übte Druck $= m.\ g.\ \sin\ a$ (siehe nebenstehende schematische Figur 2). Ist demnach $a = 0$, d. h. hängt die Kugel senkrecht herunter, so ist auch der Druck derselben $= 0$ — abgesehen von dem aus der Reibung im Axenläger erwachsenden Widerstand. Der Druck, welchen der horizontale Arm b an der Contactstelle auf die Platinspitze ausübt, $= m.\ g.\ \sin\ a \cdot \frac{a}{b}$, also in der angenommenen Lage ebenfalls $= 0$. Es ist aber ebenso nothwendig, dass der Contact unter einem gewissen Drucke steht, wie dass die Kugel der Haut einen gewissen Widerstand leiste, da sonst die Berührung nicht innig genug und folglich der Wärmeaustausch unzureichend ist. Lässt man durch Schiefstellen der Holzscheibe a wachsen, so nimmt damit der Druck der Kugel sowie derjenige am Contact zu. Ein gewisses Maass darf jedoch hierbei nicht überschritten werden, da sonst der Widerstand der Kugel so gross wird, dass die Haut eingedrückt wird, ohne sofort die Kugel fortzuschieben. Die geeignetste Stellung des Kugelarmes wurde bei einer Ablenkung von 10 bis 15° gefunden. — Der Moment des Empfindens wurde mittelst eines zwischen die Schneidezähne genommenen Beisscontactes signalisirt. Die Zeitmessung geschah mittelst der auf 100 Schwingungen abgestimmten electrischen Stimmgabel; die Aufzeichnung auf einer rotirenden und sich spontan senkenden Kymographiontrommel, derart, dass unmittelbar übereinander der Signalschreiber des Beisscontactes und derjenige des Reizapparates arbeitete, während der Zeitschreiber sich in halber Trommelhöhe über ihnen befand. Hatte sich die Trommel so weit gesenkt, dass der Zeitschreiber am oberen Rande derselben angelangt war, so löste sich durch einen zweckmässig angebrachten Contact ein electrisches Glockensignal aus, welches das Zeichen zum Sistiren der Trommelbewegung gab. Diese Einrichtung wurde getroffen, um ein Beobachten des Trommelganges — ich machte die Versuche allein — unnöthig zu machen, so dass ich die Aufmerksamkeit ganz auf die Empfindungen concentriren konnte.

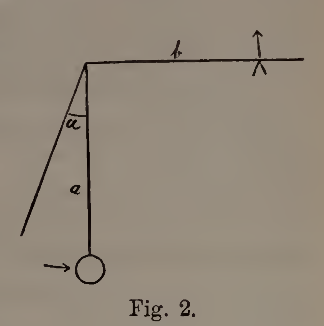


Fig. 2.

Die Ausführung der Versuche geschah hiernach so: nach gehöriger Erwärmung bez. Abkühlung der Kugel wurde der in Frage kommende Körpertheil in ein solches Lageverhältniss zur Kugel gebracht, dass die zu prüfende Region auf kurze Entfernung derselben direct entgegengerichtet war und zwar in der Ebene ihrer Schwingung. Es genügte jetzt ein einfaches Fortbewegen des Gliedes in einer bestimmten

Richtung, um immer die gleiche Partie der Haut mit der Kugel in Verbindung zu bringen und dabei durch leichte Verschiebungen des Gliedes nach oben und unten, nach hinten und vorn die Berührungsstellen wechseln zu lassen. Dies konnte nach einiger Uebung vollkommen bequem bei geschlossenen Augen ausgeführt werden. Natürlich war es nothwendig, die Versuchsregionen so auszusuchen, dass sie sich in der geschilderten Weise activ mit Leichtigkeit appliciren liessen, wodurch die oben entwickelten Bedingungen für die Auswahl der Partieen noch um eine vermehrt wurden. Sobald ein Kälte- resp. Wärmegefühl empfunden wurde, gab ich mittelst des Beisscontactes das Signal, ohne dass der Trommelgang unterbrochen wurde. Während des gesammten Ablaufes der Trommel wurden mehrfach Ruhepausen gemacht, welche gleichzeitig zur erneuten Erwärmung resp. Abkühlung der Kugel benutzt wurden. Nach Beendigung der Versuchsreihe wurden jedesmal genaue Notizen über die mehr oder minder grosse Deutlichkeit und Intensität der Empfindung und über den Eindruck, welchen ich selbst von der Promptheit der Reactionen gewonnen hatte, gemacht. Bei einem Theil der Versuchsreihen wurde das Brettchen mit der Kugel durch einen Andern meinem Körper genähert.[1]) Nachdem an je einer Region eine oder einige Versuchsreihen angestellt waren, wurde dieselbe verlassen, um nach einer Reihe von Tagen, während welcher andere Körpertheile vorgenommen wurden, wieder zu ihr zurückkehren und wiederum nach einer längeren Pause ein drittes Mal sie aufzusuchen.

Nachdem so das Verfahren skizzirt ist, erscheint es nothwendig, einige Punkte noch einer eingehenderen Besprechung zu unterziehen. — Was zunächst die Form des Reizobjectes betrifft, so war dasselbe bei den ersten Versuchen keine Kugel, sondern ein kurzer, mit der Mantelfläche an dem Hebelarme befestigter solider Cylinder, dessen eine ebene Grundfläche zur Anlegung an den Körper bestimmt war. Diese Vorrichtung war in der Absicht gewählt werden, das zu berührende Stück der Hautoberfläche jedesmal gleich gross zu haben. Allein es zeigte sich sehr bald, dass es nicht möglich war, die Körperoberfläche in genau paralleler Richtung der Cylindergrundfläche gegenüberzustellen. Die Schiefstellung der beiden Flächen aber zu einander hatte naturgemäss eine sehr ungleichmässige Art der Berührung zur Folge. Dazu kam, dass eine ebene Contactfläche an und für sich als ungeeignet erschien, sobald es sich um Hautregionen von vertiefter Gestalt handelte, wie z. B. Handteller. Dem gegenüber bot die Kugelform den Vorzug, der

---

[1]) Die HH. Prof. Gad und Dr. Wuster hatten die Freundlichkeit, mich hierbei zu unterstützen.

Plastik der Hautoberfläche sich besser anzupassen und bezüglich der vorbereitenden Haltung des Gliedes nur ein nicht sehr schwer zu erfüllendes Postulat zu stellen: nämlich, dass der betreffende Körpertheil in der Richtung der Drehungsebene der Kugel dieser entgegengeführt werden musste. Dies war in der Praxis deshalb meist leicht auszuführen, weil sich eine mathematische Genauigkeit als unnöthig erwies und bei einer von der Drehungsebene in engen Grenzen abweichenden Richtung der Contact sich immer noch so leicht löste, dass der Zuwachs des Widerstandes sich nicht geltend machte. Allein ein unvermeidlicher Uebelstand der Kugelform besteht nun darin, dass die Grösse und Gestalt des berührten Hautoberflächenstückes bei jedem Einzelversuche anders ausfällt. Es kommt dabei auf die vertiefte und erhabene Gestalt der Oberfläche und die weiteren Details ihrer Formbildung sowie auf die grössere oder geringere Nachgiebigkeit der Haut an und bezüglich des letzteren Punktes noch besonders darauf, in welcher Richtung dieselbe am leichtesten einzudrücken ist; man bemerkt, wenn man ein Stäbchen gegen die Haut drückt, meistens keinen genau kreisrunden Trichter um das Stäbchen herum, sondern eine mehr längliche Einbuchtung, deren Richtung wohl mit der Faserspannung der Haut in Beziehung stehen dürfte. Von dem bestimmenden Einflusse dieser Factoren kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man zweckmässig ausgewählte Hautstellen mit der Kugel in Berührung bringt, nachdem dieselbe mit einer Russschicht überzogen ist. Man sieht dann, dass die geschwärzten Flächenstücke der Haut von verschiedener Grösse und meist länglicher Gestalt sind. Der Inhalt derselben beträgt — abgesehen von besonders ungünstig gebildeten, speciell stark erhabenen Körpergegenden — meist mindestens 1·5—1·7 □mm. Was die Tragweite dieses Umstandes betrifft, so muss im Allgemeinen als möglich zugegeben werden, dass die Grösse der Reizfläche an sich einen gewissen Einfluss auf die Reactionszeit auszuüben im Stande sei — mit Rücksicht auf die bekannte und unzweifelhafte Thatsache, dass die Intensität der Temperaturempfindung mit der Grösse der Reizfläche wächst. Allein es erscheint mir auf der anderen Seite als sicher, dass die hier in Frage kommenden Unterschiede in der Grösse der Berührungsflächen, welche an und für sich schon wenig erheblich sind, anderen weiter unten näher zu erörternden Verhältnissen gegenüber, nämlich dem Einflusse der Empfindlichkeit, völlig ohne Bedeutung für die Reactionszeit sind. Es möge noch bemerkt werden, dass Stellen von sehr ungünstiger Plastik nur in ganz untergeordneter Weise zur Verwendung gelangt sind, wie aus der Zusammenstellung der Versuchsreihen hervorgehen wird. — Eine weitere, durch die Kugelform bedingte Eigenthümlichkeit ist es, dass die Innigkeit des Contactes im Bereiche

der Berührungsfläche keine gleichmässige ist, vielmehr nach der Peripherie hin abnimmt. Es ist aber zweifellos, dass der Wärmeübergang zur oder von der Kugel zur Dichtigkeit der Anlagerung resp. der Compression der Haut in Abhängigkeit steht, somit auch die Reizung der Nervenenden und die Intensität der Empfindung. Belegt wird dies durch Erfahrungen Nothnagel's, dass schwerere Scheiben wärmer erscheinen als leichtere von gleicher Temperatur. Man kann auch eine directe Beeinflussung der zur Durchleitung der Oberhaut erforderlichen Zeit voraussetzen, insoweit durch Ausglätten der natürlichen Unebenheiten der Hautoberfläche die factische Berührungsfläche vergrössert, durch Verdrängung dort enthaltener Luft Leitungshindernisse entfernt, durch Compression der Oberhaut der Querschnitt der zu durchleitenden Schicht verkleinert wird. Es werden deshalb innerhalb der Berührungsfläche gewisse Theile schneller und stärker gereizt werden als gewisse andere, ein Umstand, welcher im Verein mit später zu besprechenden Verhältnissen eine besondere Bedeutung erlangen wird. Hierzu gesellt sich noch ein anderes, aber minder gewichtiges mechanisches Moment, nämlich, dass eben die Theile, an welchen die Berührung am innigsten ist, auch zuerst getroffen werden, während die mehr peripherisch gelegenen erst in der Folge von der Kugeloberfläche erreicht werden; allein dieser Zeitunterschied dürfte gegenüber den unten mitzutheilenden Varianten der Zeitwerthe nur von geringem Belang sein. — Ohne Rücksicht auf die Form des Reizobjectes ist für die Innigkeit des Contactes eine Eigenschaft der Haut selbst von Bedeutung, nämlich ihre Verschiebbarkeit; richtet sich der Druck der Kugel in gleicher Stärke einmal auf eine Hautstelle mit lockerem Unter hautzellgewebe, ein anderes Mal auf eine straffe Hautstelle, so wird im ersten Falle ein Theil des Druckes in Arbeit umgesetzt, indem die Kugel die Haut vor sich her schiebt, während im letzten Falle in Folge des Widerstandes der Haut der Druck in viel wirksamerer Weise für die Anlagerung der Kugel an die Hautoberfläche zur Geltung kommt. Man vergleiche in dieser Beziehung z. B. Handteller mit der Haut am Abdomen. — Endlich ist bezüglich der Kugelform hervorzuheben, dass bei derselben, da die Kugel doch nicht bis zu ihrem Aequator in die Haut eintaucht, die Verhältnisse für eine gleichzeitige Bestrahlung der Haut besonders günstige sind. Jedoch kommt — wie später erörtert werden wird — die erwärmende resp. abkühlende Wirkung der Bestrahlung um so viel später und schwächer zur Geltung, dass während der für einen Versuch erforderlichen Zeit eine Störung der Empfindung durch die Bestrahlung oder gar eine Reaction auf letztere sich nicht zuträgt.

Der von mir angewendete Modus der Selbstreizung bedarf einer motivirenden Erörterung, da er von der gewöhnlich bei Reactionszeit-

bestimmungen beliebten Methodik abweicht. Nachdem, wie bereits gesagt, das betreffende Glied in ein passendes Lageverhältniss zur Kugel gebracht war, wurde es mit einer gewissen eingeübten Geschwindigkeit gegen die letztere bewegt und so lange mit derselben in Contact gehalten, bis eine Empfindung und Reactionsbewegung erfolgt war. So entstand also durch das Zurückführen des Körpertheils keine Störung, da dasselbe in die Pause zwischen je zwei Reactionen fiel. Dagegen könnte allerdings das active Zuführen bedenklich erscheinen. Jedoch sind es gewichtige Gründe, welche die Entscheidung für letzteres Verfahren fällen liessen. Zunächst nämlich bietet dasselbe die Möglichkeit, den von der Kugel gegen die Haut ausgeübten Druck ziemlich constant zu machen und zwar dadurch, dass die Kugel soeben aus ihrer Lage bewegt wird, ohne wesentlich gehoben zu werden; hierzu ist eine gewisse Geschwindigkeit der Bewegung nothwendig, welche leicht eingeübt werden kann. Freilich kann sich auch eine assistirende Person darauf einüben, das Brett mit der Kugel in entsprechender Weise mit einer abgestuften Geschwindigkeit gegen den ruhenden Körper zu bewegen, allein das eigene Gefühl giebt hier eine besonders befriedigende Sicherheit und zugleich eine Controle über einzelne mit unterlaufende schlecht ausfallende Bewegungen; vornehmlich kann man auf diese Weise zu starke Bewegungen leichter vermeiden, welche ausser den beregten Abweichungen in den Leitungsverhältnissen noch den Nachtheil haben, durch Erregung einer ausserordentlich starken Druckempfindung die Auffassung zu stören. Es liegt auf der Hand, dass das eigene Gefühl der Bewegung eine besondere Gewähr für Herbeiführung einer das geeignete Maass innehaltenden Bewegung verleiht. Es fragt sich aber, ob dieser directe Vorzug der activen Methode nicht durch die Gefahr aufgehoben wird, dass durch die auf die Vollführung der Bewegung zu verwendende Aufmerksamkeit die für die erwartete Empfindung nöthige Spannung und Reactionsbereitschaft geschwächt wird. Allein dies ist nicht der Fall, sobald die zu ertheilende Bewegung eingeübt worden ist. Eine wirkliche Captivirung der Aufmerksamkeit findet nur in dem Moment statt, wo nach Etablirung des Gliedes in einem bestimmten Lageverhältniss der erste Willensimpuls zur Fortschiebung desselben ausgelöst wird. Die Fortsetzung dieser Bewegung vollzieht sich ohne Benöthigung einer besonderen Aufmerksamkeit, in der Art, wie fortwährend eine ganze Menge von coordinatorischen Leistungen vor sich geht, ohne dass wir in der Richtung unserer Aufmerksamkeit dadurch gestört würden. Zwischen dem bewussten Willensimpuls und der eintretenden Empfindung vergeht aber eine Zeit von genügender Länge, um die Aufmerksamkeit ganz auf die letztere zu concentriren. Die Richtung der Aufmerksamkeit auf die in dem bewegten

Gliede auftauchende Empfindung wird nun, wie mir erschienen ist, durch die active Bewegung geradezu erleichtert. Die Anspannung, in welcher man sich bei Erwartung der Empfindung verhält, bekommt durch das Gefühl des Bewegtwerdens, wenn ich mich so ausdrücken darf, eine bestimmte örtliche Direction und wird dadurch eine viel wirksamere, als wenn eine völlige Leere des Bewusstseins besteht; in letzterem Falle nämlich vermag sich die Aufmerksamkeit überhaupt nicht lange rege zu erhalten und wird, wenn eine bestimmte Richtung derselben nicht ausgesprochen ist, durch alle möglichen, sonst unbemerkten Dinge abgelenkt. — Ein anderes Bedenken gegen die Selbstreizung besteht darin, dass die active Bewegung ein Avertissement bedeutet, insofern als in einem wenig variirenden und durch die Erfahrung gelehrten Zeitraum nach Auslösung des Willensimpulses die Berührung der Kugel eintritt. Jedoch sind die zwischen Kugelberührung und Beginn der Temperaturempfindung vergehenden Zeiten so ungleichmässig, dass hierdurch der Charakter eines hythmisch-wiederkehrenden Reizes verloren geht. In dieser Verschiedenartigkeit der Zeitwerthe, welche, wie wir sehen werden, ceteris paribus von der Empfindlichkeit der je getroffenen Stelle abhängt, liegt ein Umstand, welcher die eben berührte Gefahr nothwendig und mit Sicherheit aufhebt und die Versuchsperson durchaus nöthigt, die active Bewegung als Merkmal für eine etwaige rein centrale Zeitschätzung zu ignoriren. Ausserdem zeigen die Werthe, dass vorzeitige oder mit dem Reiz gleichzeitige oder überhaupt zu kurze Reactionen keineswegs häufig vorgekommen sind,[1]) dass vielmehr dieselben eher auffallend gross als auffallend klein genannt werden können. — Schliesslich bot mir das active Verfahren eine gewisse Bequemlichkeit und Sicherheit bezüglich des edesmaligen Wechsels der Berührungsstelle, der Wahl gutempfindlicher und der Auslassung minderempfindlicher Stellen. Im Uebrigen haben sich bezüglich solcher Reactionen, welche als fehlerhaft oder schlecht zu bezeichnen wären, Unterschiede zwischen Selbstreizung und Reizung durch eine andere Person nicht ergeben. Wenn die Werthe bei letzterem Verfahren zum Theil noch etwas grösser ausgefallen sind als bei ersterem, so ist in etwaigen verfrühten Reactionen, wie schon bemerkt, der Grund nicht gelegen, sondern in der besseren Möglichkeit gutempfindliche Stellen zu treffen, schlechte zu vermeiden.

Ein Umstand, welcher bei der Erregung von Temperaturempfindungen, wenn man nicht mit strahlender Wärme arbeitet, unvermeidlich ist, besteht in der damit verbundenen Druckempfindung. Diese könnte

[1]) Verg. Exner. Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Processe. Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. VII. S. 641.

zu Bedenken verschiedener Art Veranlassung geben. Es wäre möglich, dass dadurch die Aufgabe der Versuchsperson und somit auch ihre Leistung eine complicirtere ist, als einfach auf das Merklichwerden einer Temperaturempfindung zu reagiren, insofern sich derselben zwei verschiedene Sinnesempfindungen präsentiren, von denen nur die eine reactionspflichtig ist. Es wäre somit für die Versuchsperson eine Wahl erforderlich, welche eine Unterscheidung beider Empfindungen zur Voraussetzung hätte; dieses Verhältniss würde weiter mit sich bringen, dass in einer gewissen Anzahl von Einzelversuchen vielleicht fälschlicher Weise auf die Druckempfindung reagirt würde oder, selbst wenn man diese Folgerung als nicht unbedingt nothwendig fallen liesse, dass die Reactionszeit überhaupt doch jedenfalls eine durch den Vorgang des Unterscheidens gesetzte Verlängerung („Unterscheidungszeit" in dem v. Kries'schen Sinne) erlitte, so dass demnach die gewonnenen Werthe nicht als einfache Reactionszeiten zu deuten, die letzteren vielmehr kleiner und erst nach Abzug eines gewissen Werthes von jenen zu eruiren wären. Allein eine Nothwendigkeit, eine Unterscheidung zu treffen, liegt hier garnicht vor; bei den v. Kries'schen Versuchen werden zwei Eindrücke, z. B. zwei Farben, in beliebigem Wechsel vorgeführt, von denen nur auf die eine zu reagiren ist. Hier aber sind stets die beiden Eindrücke nothwendig verknüpft und es wird uns nie die Frage gestellt: Reagiren oder Nichtreagiren? Sondern wir haben in jedem Versuch zu reagiren und nur abzuwarten, bis die erwartete Qualität der Empfindung erscheint. Es wird demnach das Druckgefühl ebenso vernachlässigt, wie etwa das Geräusch des Signalschreibers. Erleichtert wird dies dadurch, dass die Temperaturempfindungen meistens sehr merklich später percipirt werden als die Druckempfindungen. Das eigene Gefühl, dass nach einiger Uebung die Nichtbeachtung der Druckempfindung keine Schwierigkeiten mehr macht, ist ein ganz sicheres und findet eine objective Bewahrheitung in dem Factum, dass eine Aehnlichkeit der Werthe für die Reactionszeiten der Temperaturempfindungen und der Druckempfindungen nicht besteht, weder nach absoluter Grösse — die intensiveren Kälteempfindungen ausgenommen — noch nach den Schwankungen um den Mittelwerth, dass daher eine Verwechslung beider Qualitäten und fälschliches Reagiren auf die Druckempfindung unter Voraussetzung genügender Einübung nicht als Fehlerquelle zu fürchten ist. Gewichtiger erscheint ein anderes Bedenken, dass nämlich die Druckempfindung factisch den Beginn der Temperaturempfindung in der Wahrnehmung verdecken möchte, dass also eine Temperaturempfindung, welche an und für sich schon merklich sein könnte, unter den bestehenden Verhältnissen erst merklich wird, wenn die Druckempfindung

abgeblasst ist. — Die letztere hält zwar bei dem geschilderten Verfahren während des ganzen Versuches an, da der Contact so lange anhält, allein sie ist doch im ersten Moment am deutlichsten. Jedoch fällt für Kältegefühle dieser Einwand schon deshalb fort, weil dieselben einen viel grösseren sinnlichen Eindruck als Druckgefühle machen. Eher könnte man bei Wärmegefühlen an ein Verdecken durch die Druckempfindungen denken, da namentlich der Beginn derselben — sie verlaufen anschwellend — schwer wahrzunehmen ist. Allein ich muss auch für sie in Anspruch nehmen, dass es mit vollkommener Sicherheit gelingt, sie neben der Druckempfindung und zwar in ihren ersten Anfängen zu erkennen, besonders da bei einem grossen Theil der auszulösenden Wärmeempfindungen der Beginn derselben noch merklich hinter dem ersten Abklingen des Druckgefühls liegt.

Was die der Kugel zu ertheilende Temperatur betrifft, so ist bereits erörtert worden, wie wir in Folge einer einfachen Erwägung dazu gelangt waren, in der Hauptsache maximale Reize anzuwenden. Als solcher ergab sich für die Wärmeempfindung ein Temperaturgrad von 49—50° C. Um die Grösse des Kältereizes, d. h. die Differenz der kalten Kugel von der Hauttemperatur der Grösse des Wärmereizes nach Möglichkeit gleich zu machen, wurde als entsprechende Kugeltemperatur eine solche von ca. 14—15° C. gewählt, unter Annahme einer mittleren Hauttemperatur von 31—32° C. Von einer jedesmaligen Messung der Kugeltemperatur konnte bei Anwendung des folgenden Verfahrens und in Erwägung einiger anschliessend mitzutheilender Umstände Abstand genommen werden. Die Kugel wurde nämlich im Allgemeinen über einer Spiritusflamme so weit erhitzt, dass sie bei der Berührung Schmerz erregte. Nun liess ich sie, während alles zur Versuchsreihe vorbereitet war, in der Luft abkühlen und schritt, sobald sie ein eben nicht mehr schmerzhaftes heisses Gefühl gab, zum Versuch. Während der Versuchsreihe wurde die Kugel je nach Bedürfniss, d. h. nach Maassgabe der Intensität der Wärmeempfindung, wieder angewärmt. Behufs Abkühlung wurde die Kugel eine Zeit lang in Wasser von 14° C. getaucht und sodann mit Fliesspapier getrocknet. Auch diese Procedur konnte während der Versuchsreihe jederzeit wiederholt werden, sobald die anfängliche intensive Kälteempfindung nachzulassen begann. Auf diese Weise gelang es, die gewünschten Temperaturen während der Dauer einer Versuchsreihe in den erlaubten Grenzen der Schwankungen herzustellen, wobei ich bemerke, dass ich nicht verfehlt habe, in dieser Beziehung eine Controle anzustellen. Die Kugel wurde zu diesem Zwecke später mit einer sie fast ganz durchsetzenden cylindrischen Bohrung versehen, in welche ein ad hoc gefertigtes Thermometer mit seinem cylindrischen

Quecksibergefäss versenkt wurde; die das letztere ziemlich dicht umschliessende Bohrung wurde dann noch mit feinen Kupferblechstückchen ausgestopft.

Zunächst konnte hiermit festgestellt werden, dass, wenn man die Kugel nicht einmal vollständig — so dass das Thermometer selbst nicht berührt wurde — in kaltes oder warmes Wasser eintauchte, dasselbe doch schon nach kurzer Zeit die Wassertemperatur angab. Es wurde nun bei einer Lufttemperatur von 20° C., wie sie im Laboratorium bei der Anstellung der Versuche gewöhnlich herrschte, folgendes ermittelt:

Die auf 15° abgekühlte Kugel steigt innerhalb 3 Minuten um 0 · 5° (die Kugel wurde, wenn sie gekühlt worden war, jedesmal schnell mit Fliesspapier abgetrocknet). Wird sie wechselnd mit dem warmen Arm berührt und aus ihrer Lage gehoben, so steigt sie nach 10maliger Berührung — $^3/_4$ Minuten — ebenfalls um 0 · 5°, nach 10maliger Berührung in $1^1/_2$ Minuten um 1°. Die Berührungen dauerten übrigens erheblich länger als bei den Reactionsversuchen.

Die auf 20° temperirte Kugel — Lufttemperatur — steigt nach 10maliger Berührung nur eine Spur.

Die auf 29° — in Wasser — temperirte Kugel sinkt in 1 Minute bei 10maliger Berührung um 0 · 5°, ohne Berührung um ein wenig mehr.

Die auf 50° erwärmte Kugel nimmt in 1 Minute um 2°, in 2 Minuten um 4° ab, bei 20maliger Berührung in 1 Minute um 2 · 5°, be 10maliger Berührung in 1 Minute um $2^1/_4$°.

Dass die Veränderung bei der erwärmten Kugel bedeutender ist, erklärt sich aus der grösseren Differenz gegen die Lufttemperatur. Die Veränderungen der Eigentemperatur bei der kalten Kugel sind demnach unerheblich; wichtiger dagegen diejenigen der warmen Kugel. In dieser Beziehung war nun aber schon angeführt, dass gerade für diese sich ein zuverlässiger und bequemer Maassstab dadurch bot, dass man die Kugel durch oft wiederholtes Nachwärmen dicht unterhalb einer schmerzerregenden Temperatur erhielt.

Dass die Temperaturschwankungen in diesem Umfange einen sehr merklichen Einfluss auf die Reactionszeit nicht ausgeübt haben, geht schon daraus hervor, dass die Einzelwerthe nur gelegentlich ein Ansteigen in einer Gruppe von 3—4 Werthen, im Allgemeinen dagegen eine bunte Folge von kleineren und grösseren Beträgen erkennen lassen. Es sind jedoch noch besondere Versuche in der Richtung angestellt worden, den Einfluss der Temperaturhöhe auf die Reactionszeit zu ermitteln, welche nachher ausführlicher zu besprechen sind und von denen vorgreifend hier mitgetheilt sein möge, dass sie zwar einen ausgesprochenen Einfluss der Reiztemperatur ergeben haben, jedoch immerhin nur

einen solchen, welcher bei den durch die beschriebene Versuchseinrichtung überhaupt möglichen Temperaturschwankungen nur sehr geringe Zeitdifferenzen, schätzungsweise etwa solche, von 0 · 01—0 · 02—0 · 03 Secunde, erzeugen dürfte, — solche aber sind zumeist gegenüber anderen, viel mehr bestimmenden Momenten verschwindend. Zu betonen ist endlich, dass bei diesen und anderen Versuchsreihen, welche mit constanter, thermometrisch regulirter Kugeltemperatur angestellt wurden, die Schwankungen der Einzelwerthe in ganz ähnlicher Weise hervortraten und dass die in unseren Reihen vorhandenen, für unsere sonstigen Begriffe von Reactionszeiten ganz auffallenden Verschiedenheiten der Resultate durch Schwankungen der Reiztemperatur jedenfalls nicht veranlasst sind.

Ausser den maximalen Reizen wurden, um den Einfluss der Reizstärke resp. Empfindungsintensität zu ermitteln, auch noch schwächere Reize in Anwendung gezogen.

Den zur Berechnung verwendeten Versuchen sind solche vorhergegangen, welche lediglich die Einübung, sowohl nach Richtung der Versuchstechnik überhaupt, wie auch der Auffassung der Empfindungen, verfolgten. Es mag damit in Zusammenhang stehen, dass ein weiterer Einfluss der Uebung sich wenigstens in der Gestaltung der Zahlen nicht geltend machte, obwohl der sich über die verschiedenen Körpertheile erstreckende Turnus mehrfach in derselben Weise wiederkehrte.

Hinsichtlich der Berechnung sind die Meinungen darüber getheilt, ob man alle erhaltenen Werthe zu verrechnen habe, oder ob es erlaubt resp. geboten sei, gewisse Werthe zu streichen. Ich habe hier den von Exner und v. Kries vertretenen Standpunkt zu dem meinigen gemacht, nämlich, dass man ohne eine Streichung gewisser Werthe zu absoluten Zahlen nicht wohl gelangen kann. Es handelt sich hierbei nicht um jene Schwankungen nach oben und unten, wie sie der Ausdruck der complicirten Bedingungen sind, unter welchen der von uns studirte Nervenmechanismus arbeitet, sondern um Einzelfälle, bei welchen derselbe offenbar überhaupt nicht richtig functionirt hat, insofern er in regelwidriger Weise in Thätigkeit versetzt oder durch ausserhalb seiner selbst gelegene Umstände gestört wurde, und um solche, bei denen er zwar an sich richtig functionirt hat, aber unter Bedingungen, welche durch äussere Zufälligkeiten von den zu erforschenden abwichen. So hat z. B. bei denjenigen „Reactionen", welche vor dem Reiz, gleichzeitig mit ihm oder einige Hundertstel von Secunden nach ihm eingetreten sind, der Mechanismus in der zu ermittelnden Weise gar nicht gespielt insofern die motorische Bahn nicht von der sensiblen der Temperaturnerven her, sondern in ganz anderer und für unseren Zweck werthloser Art in Erregung versetzt worden ist. Ebenso können uns auch Werthe,

welche nach oben hin „aus der Reihe fallen", über das normale Arbeiten des Mechanismus nicht belehren. Sie können z. B. dadurch veranlasst sein, dass an einer sehr kälteempfindlichen Region zufällig eine relativ unempfindliche Stelle getroffen wird — die Reactionszeit zeigt eine grosse Abhängigkeit von der localen Empfindlichkeit — und der so entstandene und bezüglich seiner Grösse vereinzelt dastehende Werth verdankt dann seine Herkunft trotz richtigen Functionirens des nervösen Apparates Bedingungen, welche den zu ermittelnden nicht congruent sind. Die beigegebene „statistische" Anordnung der Werthe lehrt, dass ein künstliches Nivellement der Schwankungen durch die Streichung keineswegs erfolgt ist. Dieselben bewegen sich vielmehr immer noch in auffallend weiten Grenzen. Eine nennenswerthe Beeinflussung der Durchschnittswerthe hat ebensowenig stattgefunden.

Den Eingangs entwickelten Forderungen, dass die Prüfungsregionen der verschiedenen Körpertheile möglichst gleiche Empfindlichkeit besitzen sollten, suchte ich durch die Auswahl folgender Gegenden zu genügen:

Am Gesicht: Gegend des äusseren Augenwinkels und der anliegende Wangen- und Schläfentheil. Um bei dem geringen Umfang dieser Partie einer Ermüdung vorzubeugen, wurde zwischen rechts und links gewechselt, während sonst nur an der linken Seite untersucht wurde. Die grössere Dünnheit der Oberhaut an den Augenlidern stört freilich die Gleichmässigkelt der Bedingungen, allein dies ist ein unvermeidlicher Uebelstand. Uebrigens findet derselbe bei den Wärmereizen zum Theil dadurch einen Ausgleich, dass wegen der tieferen Schmerzgrenze am Auge eine Kugeltemperatur von nur 45° verwendet wurde.

An der oberen Extremität: Unteres Drittel der ulnaren Fläche des Oberarmes.

Oberes Drittel der volaren Fläche des Unterarmes, besonders in ihrem radialwärts gelegenen Theil.

Am Rumpf: Meso- und Epigastrium.

Regio iliaca und lumbalis.

An der unteren Extremität: Unteres Drittel der inneren Fläche des Oberschenkels. Innere Fläche des Kniegelenkes. Oberer innerer Theil der Wade.

Bei der Auswahl dieser Stellen verwerthete ich die gelegentlich meiner Untersuchungen über die Topographie des Temperatursinnes gemachten Erfahrungen. Welchen Rang die angeführten Bezirke bezüglich ihrer Kälte- und Wärmeempfindlichkeit einnehmen, geht aus den von mir im Archiv für Psychiatrie Bd. XVIII, Heft 3 („Eine neue

Methode der Temperatursinnesprüfung"*) gegebenen topographischen Tafeln hervor. Ich habe dort zwölf Abstufungen der Kälteempfindlichkeit und acht Stufen der Wärmeempfindlichkeit unterschieden, bezüglich deren ich noch einmal wiederholen muss, dass sie keine Einheiten irgend welcher Art vorstellen sollen, sondern sich bei einem rein inductiven Prüfungsverfahren als bequemes und praktisches Verständigungsmittel herausgestellt haben. Die vorher genannten Prüfungsbezirke nehmen nun nicht an allen Körpertheilen dieselbe Stufe ein, weil — wie aus den Tafeln ersichtlich ist — manche Abschnitte des Körpers überhaupt keine so empfindlichen Stellen enthalten wie andere. Jedoch glaubte ich genug gethan zu haben, wenn ich von jedem Körpertheil die je empfindlichste Region aussuchte. Allein es stellte sich später heraus, dass selbst die unter diesen je empfindlichsten Regionen noch bestehenden Unterschiede bedeutend genug sind, um die Resultate nicht ohne weiteres vergleichbar zu machen. Es war dies auch der Grund, weshalb die von der zu wenig wärmeempfindlichen unteren Extremität gewonnene Prüfung später noch durch die Regio iliaca und lumbalis ergänzt wurde, welche in meiner vorläufigen Mittheilung noch nicht enthalten waren. Die Empfindlichkeit der Prüfungsstelle ist nämlich von so bestimmendem Einfluss auf die Reactionszeit, dass Schlussfolgerungen auf die für die Fortleitung der Erregung benöthigte Zeit nicht gemacht werden können, wenn nicht ganz gleiche Empfindlichheitsverhältnisse vorliegen. Da die Art der im Folgenden bewirkten Gruppirung der Prüfungsstellen und Mittelwerthe auf dieser Erkenntniss beruht und das Verständniss der Einzelwerthe durch dieselbe nicht blos wesentlich gefördert, sondern überhaupt erst möglich wird, so möge das erst auf grossen Umwegen gewonnene Resultat hier vorangestellt und erstlich bewiesen werden.

Ueber den Einfluss der Empfindlichkeit auf die Reactionszeiten.

Es wurden am linken Vorderarm drei rundliche Stellen, welche in ihrer Grösse je der Berührungsfläche der Kugel entsprachen, so bestimmt und umzeichnet, dass Stelle I intensive Kälteempfindlichkeit (Stufe VII), Stelle II mässige (Stufe IV) und Stelle III schwache (Stufe II) besass. Innerhalb einer Region von bestimmtem Stufenwerth nämlich wechselt die Empfindlichkeit noch durchaus, sodass bei Untersuchung mit kleinsten Flächenreizen sich eine ziemlich erhebliche Mannigfaltigkeit herausstellt, und die „regionäre Empfindlichkeit" bedeutet nur die an einer Region vorherrschende. Die Versuchsanordnung war nun insofern eine von der oben geschilderten ab-

*) S. Tafel IV und V dieses Bandes.

weichende, als ein darauf eingeübter Gehilfe das Brett mit der hängenden Kugel in die Hand nahm und mit letzterer je eine der drei Stellen möglichst genau berührte, sowie dass nach jedem Einzelversuch die Trommel sistirt und eine Pause von $^1/_2$—1 Minute gemacht wurde, welche zur Erholung der gereizten Hautstelle, sowie zur Regulation der Kugeltemperatur verwendet wurde. Letztere wurde — die Kugel war in der oben beschriebenen Weise mit Thermometer versehen — auf 20° C. erhalten. Die Zimmertemperatur betrug ebenfalls 20° C. Der Arm war von normaler Hautwärme und befand sich in einer ungezwungenen, keine venöse Stauung bewirkenden Haltung. In der ersten Versuchsreihe wurde jede Stelle 2—4 Mal, meist jedoch nur 2 Mal hinter einander gereizt — unter Beobachtung der Pause —, in der zweiten und dritten Reihe jedoch wurde nach jedem Einzelversuch die Stelle gewechselt. Uebrigens muss bemerkt werden, dass trotz dieser Cautelen eine theilweise Ermüdung der Stellen sich doch nicht ganz vermeiden liess. Die Resultate zeigt folgende Zusammenstellung, in welcher ebenso wie im weiteren Verlauf der vorliegenden Abhandlung, behufs leichterer Uebersicht, als Zahleinheit nicht die Secunde, sondern der hundertste Theil derselben gewählt ist.

Versuchsreihe	I. Stelle.		II. Stelle.		III. Stelle.	
	Mittelwerthe	Ausdehnung der Einzelwerthe	Mittelwerthe	Ausdehnung der Einzelwerthe	Mittelwerthe	Ausdehnung der Einzelwerthe
I.	26·8	20—35	32·8	27—40	60·2	39—86
II.	26·7	23—30	38·4	27—46	63·0	55—69
III.	25·6	22—31	36·0	31—44	59·5	41—73

Wie man sieht, stimmen die von je einer Stelle gewonnenen Mittelwerthe ziemlich gut überein, am besten die der empfindlichsten Stellen. Dadurch treten die zwischen den Mittelwerthen der verschiedenen Stellen bestehenden Differenzen um so deutlicher hervor. Dieselben sind gegenüber den engen Grenzen, in welchen sich die Mittelwerthe je einer und derselben Stelle bewegen, so gross und zugleich setzen sich die Complexe von Einzelwerthen, aus welchen die Mittelwerthe gewonnen sind, so deutlich von einander ab, dass es nicht möglich ist, dieselben als zufällig sehr weit auseinandergehende Schwankungen aufzufassen. Vielmehr, da an den drei Stellen alle sonstigen Bedingungen der Versuchsanordnung, ferner die Entfernung vom Sitz des Bewusstseins und der Beschaffenheit der Haut so gut wie identisch sind, kann lediglich in der so ausgesprochen verschiedenen Empfindlichkeit der Stellen der Grund für den verschiedenen Aus-

fall der Reactionszeiten gesucht werden. Es verdient hierbei noch hervorgehoben zu werden, dass die Reactionsbewegung ausgelöst wurde, sobald die Empfindung soeben merklich wurde. Die solcher Gestalt durch die verschiedene Empfindlichkeit bedingten Differenzen zeigen eine Höhe, gegenüber welcher die auf Längenunterschiede der Leitungsbahnen zu beziehenden Differenzen bei den Reactionszeiten der Tastempfindungen sehr klein erscheinen. Hieraus können wir schon entnehmen, welche Schwierigkeiten die Ermittelung der Leitungszeit bei den Temperaturempfindungen machen wird. Auffallend ist es, wie bei anscheinend ganz gleichen Bedingungen jedes Einzelversuches die Werthe doch in erheblich weiten Grenzen schwanken. Und zwar ist die Breite der Schwankungen um so grösser, je weniger empfindlich die Stelle ist, derart, dass sie bei Stelle I die Werthe 20—35, bei II die Werthe 27—46, bei III die Werthe 39—86 umfasst. Dabei deutet das ziemlich bunte Durcheinander verschieden hoher Werthe innerhalb je einer Versuchsreihe darauf, dass der Ermüdung nur eine geringe Schuld in dieser Hinsicht beizumessen ist. Vielmehr dürfte die Ursache hauptsächlich in einem oben erwähnten und jetzt seine volle Bedeutung erhaltenden Umstande gelegen sein, nämlich dass, durch die Eigenthümlichkeit der Kugelform bedingt, innerhalb der Berührungsfläche gewisse Theile schneller und stärker erregt werden als die anderen; es wird nun aber bei der geschilderten Art der Application die Kugel nie das eine Mal genau in derselben Weise auf die Haut auftreffen, wie das andere Mal, vielmehr sind leichte Verschiebungen garnicht zu umgehen. Es wird deshalb die zuerst und am stärksten gereizte Partie innerhalb der umschriebenen Stelle bei jedem Einzelversuch wechseln; da aber bis zu den kleinsten Flächenstücken die Empfindlichkeit mosaikartig — im Zusammenhang mit der eigenthümlichen Anordnung der Temperaturpunkte — wechselt, so werden wir in den beregten Zufälligkeiten der Kugelapplicationen einen hinreichenden Grund für die Schwankungen der Einzelwerthe finden. Für diese Erklärung spricht der Umstand, dass die Werthe bei der am wenigsten empfindlichen Stelle um so viel weiter auseinandergehen, da an solchen Stellen die empfindenden Punkte weiter von einander entfernt sind, demnach die Chancen, dieselben gerade in der wirksamsten Art zu treffen, geringer sind als an empfindlicheren Stellen, wo die Punkte dichter stehen. Dass die Mittelwerthe selbst an der empfindlichsten Stelle grösser sind als die später zu berichtenden, vom Arm gewonnenen Werthe, hängt damit zusammen, dass ein nur mässiger Kältereiz (20° C.) in Anwendung gebracht wurde.

In ähnlicher Weise wurde bezüglich der Wärmeempfindungen

vorgegangen. Am Unterarm bestimmte ich eine intensiv empfindende (Stufe VI) Stelle I, eine mässig stark (Stufe IV) empfindende Stelle II und eine schwach (Stufe II) empfindende Stelle III, von denen Stelle I und III hart an einander grenzten. Die Kugeltemperatur wurde auf 49·5—49° erhalten.

Reihe	Stelle I.		Stelle II.		Stelle III.	
	Mittelwerthe	Ausdehnung der Einzelwerthe	Mittelwerthe	Ausdehnung der Einzelwerthe	Mittelwerthe	Ausdehnung der Einzelwerthe
I.	35·6	21—57	47·2	41—54	79·0	41—101
II.	37·1	25—53	46·1	36—56	74·3	63—96
III.	37·0	31—43	—	—	—	—
IV.	27·6	24—35	—	—	—	—

Die zu beweisende Erscheinung geht aus diesen Resultaten nicht weniger deutlich hervor als aus den vorigen, ja insofern noch prägnanter, als die Differenzen der Mittelwerthe noch grösser sind. Jedoch sind die für eine und dieselbe Stelle in den einzelnen Versuchsreihen gefundenen Mittelwerthe weniger übereinstimmend als dort; speciell ist bei Stelle I der Unterschied des Mittelwerthes 27·6 einerseits gegen die drei übrigen andererseits sehr auffallend. Im Zusammenhang damit gehen auch die Einzelwerthe viel weiter aus einander als bei der Kälteempfindung, im Uebrigen ebenfalls an der schwachempfindlichen Stelle am meisten. Diese grössere Unsicherheit im Ausfall der Reactionszeiten der Wärmeempfindungen, welcher wir auch später begegnen werden, könnte man damit in Zusammenhang bringen, dass die wärmeempfindlichen Punkte weniger dicht gesät sind alst die kälteempfindlichen, dass demnach das Verhältniss der unempfindlichen zu den empfindlichen Theilchen des umgrenzten Feldes ein ungünstigeres ist und, unter Zugrundelegung unserer Erörterung über die Applicationsweise der Kugel, eine grössere Wahrscheinlichkeit besteht, dass letztere zuerst und am stärksten einen unempfindlichen oder wenig empfindlichen Abschnitt des Feldes trifft. Hierzu kommt nun noch ein anderes Moment, welches die Unsicherheit in der Bestimmung der Reactionszeiten vermehrt. Die Wärmeempfindungen zeigen nämlich eine besondere — schon früher von mir hervorgehobene — Eigenthümlichkeit, welche darin besteht, dass sie sehr schwach beginnen, mehr oder weniger rasch zu einer gewissen Höhe anschwellen, um sodann wieder „abzuklingen". Die Kälteempfindungen besitzen diesen Verlauf in viel weniger ausgesprochener Weise und eigentlich nur diejenigen, welche von einer mässigen oder geringen Stärke sind, die intensiven anscheinend garnicht. Diese Höhe wird

um so schneller erreicht, je stärker der Wärmereiz ist, ausserdem aber an manchen Hautpartieen überhaupt schneller als an anderen. Oft geht dem Auftreten des eigentlichen Wärmegefühls eine Empfindung undeutlicher Art voraus, bezüglich deren man sich nicht ohne weiteres entscheiden kann, ob sie mehr der Wärme- oder der Druckqualität angehört. Von dieser Besonderheit der Wärmeempfindungen kann man sich leicht überzeugen. Die Schwierigkeit, den schwachen Beginn der Empfindung aufzufassen, wird nun gerade dadurch noch verstärkt, dass dieser schwache Eindruck wachsend in einen stärkeren übergeht. Es wird dadurch bei den Reactionsversuchen die Gefahr nahe gelegt, einen grösseren, bequemer aufzufassenden Grad der Deutlichkeit abzuwarten. Der Auffassung ist hier ein gewisser Spielraum gelassen und dadurch möchte es sich erklären, dass die Werthe, selbst die Mittelwerthe, bei der Wärme grössere Schwankungen zeigen als bei der Kälte. Es erscheint recht wohl denkbar, dass sich gelegentlich eine ganze Versuchsreihe in dieser Beziehung opportuner gestaltet als eine andere. Wie erheblich die Spanne zwischen dem Einsetzen der Empfindung und ihrem Maximum ist, lehrt folgende Zusammenstellung einiger nach dieser Richtung hin angestellten Versuchsreihen. An einer gut wärmeempfindlichen kugelgrossen Stelle des linken Unterarmes wurden mit den Kugeltemperaturen 39°, 40° und 44°[1] unter Beobachtung desselben Modus wie in den letztmitgetheilten Prüfungen Versuche derart angestellt, dass in der einen Reihe auf die eben merkliche, in der anderen auf die maximal angewachsene Empfindung reagirt wurde.

Reiztemperatur	Minimum der Empfindung		Maximum der Empfindung	
	Mittelwerth	Schwankungen der Einzelwerthe	Mittelwerth	Schwankungen der Einzelwerthe
39°	37·1	24—48	110·5	76—134
40°	34·5	20—51	77·7	48—101
44°	28·2	17—40	58·5	48—70
49° [1])	26·6	16—50	45·6	16—65

Es geht aus dieser Zusammenstellung gleichzeitig hervor, dass der Gipfel der Empfindung bezüglich der Zeit seines Eintretens eine grössere Abhängigkeit von der Reizstärke zeigt als der Beginn derselben; wir dürfen daraus schliessen, dass die letztere ganz besonders die Steilheit

[1]) Diese Reihe wurde nicht mit stabiler, sondern mit wechselnder Stelle — der in den eigentlichen Reactionsversuchen angewandten — Methodik gewonnen.

des Ansteigens der Empfindung beeinflusst. Ferner gehen die Einzelwerthe bei der Reaction auf das Maximum der Empfindung meist mehr aus einander als beim Minimum.

Es ist nun von Interesse, mit dem Einfluss, welchen die Temperaturempfindlichkeit auf die Reactionszeit hat, denjenigen zu vergleichen, welchen die Reizstärke, d. h. die Entfernung der Reiztemperatur von der Hauttemperatur ausübt. Für die nach dieser Richtung angestellten Versuchsreihen wählte ich eine nur mässig kälteempfindliche (Stufe IV) und eine, in der Nähe gelegene, gut wärmeempfindliche Stelle aus, beide am linken Unterarm. Die Eigentemperatur der ersteren betrug 32·5°, die der letzteren 32·7° C. Die wärmeempfindliche Stelle war dieselbe, welche zu den eben berührten Versuchen verwendet worden war, weshalb auch einige der Zahlen benutzt wurden, welche jetzt wiederkehren. Der Modus der Prüfung war wie oben beschrieben. Die Ergebnisse der natürlich — ebenso wie die vorher geschilderten Versuche — auf mehrere Tage vertheilten Prüfungen waren folgende:

Kälte		Wärme	
Reiz-temperatur	Mittelwerth	Reiz-temperatur	Mittelwerth
30—29·5°	39·9	35	75
28·5—28°	38·1	39	37·1
20—19°	37·7	39·5	33·8
15·5—15°	27·8	40	34·5
—	—	44	28·2
—	—	49·5	28·3

Die Prüfung an der mässig empfindlichen Stelle giebt jedoch, wie sich weiter herausstellte, noch kein genügendes Bild von dem Einfluss der Reizstärke. Die Versuche, welche in dieser Hinsicht an Bezirken von einer bestimmten regionären Empfindlichkeit mit wechselnder Berührungsstelle gemacht wurden, führten zu folgenden Zahlen, welche je Durchschnittswerthe einer Versuchsreihe darstellen:

Reiz-temperatur	Augenwinkel	Oberarm	Handrücken	Hohlhand	Bauch
15°	13·5	14·6—17·8	17·2	19·5	22·6
20°	19·7	—	—	—	—
24°	—	29·0	32·0	—	—
30°	—	38·0—40·0	47·6	44·2	42·6

Auffallend ist, dass bei den Wärmereizen die Abstufung der höheren Reizstärken für die Zeit relativ weniger ausmacht als bei den Kältereizen, dass dagegen eine sehr erhebliche Vergrösserung der Zeit auftritt, sobald der Wärmereiz schwach wird. Die den Reiztemperaturen 39°, 39·5°, 40° entsprechenden Mittelwerthe 37·1—33·8—34·5 zeigen Differenzen, welche ein bedenkliches Licht auf die vorhin vertretene Anschauung, dass so kleine Temperaturunterschiede belanglos sind, werfen könnte; allein es handelt sich hier um Schwankungen, wie wir sie vorhin als speciell den Wärmereactionszeiten eigenthümlich gezeigt hatten, wie schon das Verhältniss 33·8 zu 34·5 bei 39·5° zu 40° documentirt.

Wir sehen demnach, dass durch den Wechsel der Reizstärke Zeitunterschiede von ähnlichem Umfange bedingt werden, wie durch den Wechsel der Empfindlichkeit, nur bei dem Kältesinn ist auch durch den Reiz von 30° keine so grosse Reactionszeit erzeugt worden als durch die Empfindlichkeitsstufe II. Da wir als Maassstab der Empfindlichkeit die Empfindungsintensität genommen hatten und eben diese auch der Reizstärke conform ist, so liegt der Schluss nahe, dass es die Stärke und Deutlichkeit der Empfindung ist, welche für die Gestaltung der Reactionszeit maassgebend ist. Wir werden auf diesen Punkt schliesslich zurückkommen und dabei die eben besprochenen Ermittelungen weiter verwerthen.

Von dem Einfluss der Empfindlichkeit auf die Zeit übrigens kann man sich — besonders bei den Wärmeempfindungen — auch durch den unmittelbaren Eindruck leicht überzeugen. Ebenso wie man leicht finden wird, dass, namentlich an nur mässig empfindlichen Stellen, das Wärmegefühl, nachdem es merklich geworden, weiter wächst, eine gewisse Höhe erreicht und dann wieder abschwillt, ja, dass bei momentaner Berührung das Maximum der Empfindung zuweilen erst eintritt, nachdem der Gegenstand schon wieder von der Haut entfernt ist, ebenso lehrt auch die blosse Beobachtung, dass die stärkere Empfindung auch früher eintritt als die schwächere.

Ein weiterer Beweis für das in Rede stehende Verhältniss der Reactionszeiten zur absoluten Empfindlichkeit erwächst aus den Resultaten der Reactionszeitprüfungen selbst. Ausser den Regionen mit möglichst grosser und gleicher Empfindlichkeit wurden nämlich absichtlich auch solche von mässiger und geringer Empfindlichkeit geprüft. Die Versuche sind also analog den vorhin mitgetheilten, nur dass sie mit wechselnder Berührungsstelle ausgeführt wurden. So ergab z. B. eine Versuchsreihe von der Vola des Handgelenkes, welche bezüglich des Kältesinnes der Stufe IV entspricht, den Mittelwerth 26 · 3, während die mit derselben Reizstärke vorgenommenen Prüfungen im Spatium interosseum primum

des Handrückens (Stufe VI) den Mittelwerth 17·2 förderten und die am Unterarm von Regionen der Stufe VI und VII gewonnenen Werthe 12·3—14·2—14·5 betrugen. Von der Nase (Stufe II und III) wurde der Mittelwerth 30·4 ermittelt, dagegen vom äusseren Augenwinkel (Stufe VII) 13·5. Noch deutlicher sind die Unterschiede bei den Wärmereizen. Der Mittelwerth von der Stirn (Stufe III und IV) 34·4 steht hier denen vom äusseren Augenwinkel (Stufe VIII) 14·0—15·3—16·0 gegenüber, während die Nase (Stufe I und II) sogar einen solchen von 51·3 zeigt. An der ulnaren Fläche des Oberarms (Stufe VI und VII) wurde 27·5, an der Beugeseite (Stufe IV) 54·2 eruirt; an den empfindlichsten, in den Tabellen näher bezeichneten Bezirken des Unterarmes (Stufe VI) die Werthe 26·6 und 27·8, an den weniger empfindlichen (Stufe IV und III) jedoch 56·9—59·1—61·9.

Nach Feststellung dieses Satzes — dass die absolute Empfindlichkeit bei annähernd gleicher Reizstärke die Grösse der Reactionszeiten in hohem Grade bestimmt — wird nun auch klar, was ohne denselben nicht blos unverständlich, sondern sogar im Stande wäre, die Zahlen als unbrauchbar erscheinen zu lassen, nämlich die ganz auffallend grossen Schwankungen der innerhalb einer Versuchsreihe gelegenen Einzelwerthe. Wie wir eben gesehen haben, dass zwei an einander grenzende kugelgrosse Stellen von verschiedener Empfindlichkeit Mittelwerthe ergaben, welche um etwa 0·40—0·50 Secunden differirten, so werden wir in Anbetracht der Thatsache, dass innerhalb einer Region von einer bestimmten vorherrschenden regionären Empfindlichkeit die locale doch durchaus wechselt, die Schwankungen der Einzelwerthe mit vollem Recht auf die Differenzen in der nervösen Veranlagung der einzelnen Berührungsstellen zurückführen. Man könnte hier einwenden, dass gerade in den zuerst mitgetheilten Versuchen auch für eine und dieselbe kugelgrosse Berührungsstelle sich erheblich variirende Einzelwerthe ergeben haben und dass daher neben der localen Empfindlichkeit wohl noch ein anderes Moment bestimmend wirken möge, derart, dass auch bei absoluter Gleichförmigkeit der Region differente Zeitwerthe herauskommen würden. Jedoch eine kugelgrosse Applicationsstelle ist selbst wieder als eine Region zu betrachten, welche aus einem Mosaik verschieden empfindlicher kleinster Flächentheile besteht, von denen aus den Eingangs erörterten Gründen bei jeder Berührung der Kugel wahrscheinlich je andere zuerst getroffen werden. Nachdem der Satz von dem Einfluss der Empfindlichkeit auf die Zeit bewiesen, ist kein Grund, ihn nicht auch auf die kleinsten Flächentheile auszudehnen; ja, es erscheint als durchaus annehmbar, dass auch an jedem einzelnen Kälte- und Wärmepunkt — deren Empfindlichkeit ja ebenfalls nicht

gleich ist — dieselbe Beziehung sich würde nachweisen lassen. Demnach wird in letzter Linie die Zeit von der Empfindlichkeit desjenigen Flächentheiles bestimmt werden, welcher im ersten Moment der Berührung mit der Kugeloberfläche die dichteste Anlagerung eingeht, derart, dass die Zeit am kürzesten ausfallen wird, wenn dieses Flächentheilchen die an der gesammten Stelle vorherrschende Empfindlichkeit besitzt, dagegen relativ lang, wenn es die überhaupt im Bereiche der Stelle vorhandene geringste Empfindlichkeit hat.

Es muss sonach als feststehend betrachtet werden, dass innerhalb einer Region von einem gewissen Stufenwerth die Reactionszeit in der Hauptsache je nach der Empfindlichkeit der Berührungsfläche wechselt. Wenn dem so ist, so müssen die erhaltenen Zeitwerthe nicht blos von der vorherrschenden regionären Empfindlichkeit abhängen, sondern auch von der Art ihrer Vertheilung innerhalb des Prüfungsgebietes. Es könnte vorkommen, dass von zwei Regionen von gleichem Stufenwerth in der einen eine grössere Zahl minder empfindlicher Felder enthalten wäre als in der anderen. In der That bestehen auch solche Verhältnisse und ich werde Gelegenheit haben, bei der Besprechung der Versuchsresultate im Einzelnen hierauf zurückkommen. Im Allgemeinen gilt der Satz, dass die bestempfindlichen Partieen auch die gleichmässigsten sind, während mässig und wenig empfindliche Regionen einen grösseren Wechsel zeigen. Es muss hiernach bedenklich erscheinen, die Grösse der Mittelwerthe direct als Ausfluss der regionären Empfindlichkeit anzusehen, und man könnte geradezu meinen, dass der vorhin aus den Mittelwerthen gezogene Schluss insofern hinfällig sei, als vielleicht die der Empfindlichkeit zugeschriebenen Differenzen hauptsächlich nur der andersartigen Vertheilung der gut- und schlechtempfindlichen Felder zukommen. Man könnte in weiterer Verfolgung dieses Einwurfes dahin kommen, die Methode der wechselnden Berührungsstellen überhaupt als unbrauchbar zu bezeichen. Allein, um mit letzterem zu beginnen, auch die stabile Berührungsstelle schützt, wie wir gesehen haben, nicht völlig vor Variationen in der Art der Anlagerung der Kugel. Ferner aber, da in jedem Einzelversuch die Reactionszeit durch die an der Berührungsstelle je vorhandene Empfindlichkeit bestimmt wird, besitzen wir gerade in den einzelnen Zeitwerthen einer Versuchsreihe einen Maassstab für die Art der Vertheilung und Reizung der mehr- und minderempfindlichen Felder innerhalb der Prüfungsregion. Um dieses Moment in geeigneter Weise als Hebel für die Beurtheilung zu gestalten, habe ich die Einzelwerthe in der zuerst von Tigerstedt und Bergquist geübten Weise so angeordnet, dass nach Abtheilung der Zeit in Gruppen von je 0·05 Secunden die Anzahl der auf jede Gruppe

entfallenden Zeitwerthe bestimmt und nach Procenten der Versuchsanzahl umgerechnet und eingetragen wurde. Hier lehrt denn nun ein Blick beim Vergleichen zweier Regionen von verschiedener Empfindlichkeit, dass zwei gleichzeitig bestehende Momente vorhanden sind: einmal nämlich setzen bei der minder empfindlichen Region die Werthe überhaupt höher ein und das Gros derselben — welches offenbar der vorherrschenden Empfindlichkeit, d. h. derjenigen, nach welcher das Prüfungsgebiet rangirt und bezeichnet ist, entspricht — nimmt einen höheren Platz ein; dies aber ist dann der Beweis dafür, dass der grössere Mittelwerth n i c h t l e d i g l i c h durch eine andere Vertheilung verschieden empfindlicher Felder herbeigeführt ist. Ferner aber sind in der That bei der minder empfindlichen Prüfungsregion die Schwankungen der Werthe grösser, in Uebereinstimmung mit dem schon angeführten Umstand, dass mit der höheren Ausbildung der absoluten Empfindlichkeit auch die Gleichmässigkeit der Ausbreitung derselben zunimmt. Dem entspricht es auch vollkommen, dass die Mittelwerthe der von gut empfindlichen Gebieten gewonnenen Reihen meist weniger differiren als die von schlechtempfindlichen Partieen. In dieser Uebereinstimmung der zahlenmässigen Resultate der Reactionsversuche mit den angezogenen, auf andere Weise festgestellten anatomischen Verbreitungsverhältnissen der absoluten Temperaturempfindlichkeit ist wiederum ein Beweispunkt für die Beziehung der letzteren zur Reactionszeit gegeben.

Es möchte nicht überflüssig erscheinen, jetzt noch einmal ein gegen meine Methode zu erhebendes Bedenken zu berühren, welches die K u g e l t e m p e r a t u r betrifft. Während letztere, wie wir sahen, bei den Versuchen nur geringen Schwankungen unterliegt, bietet sich bezüglich der localen Application der Kugel ein erheblicher Wechsel der absoluten Empfindlichkeit dar; es dürften somit dem bestimmenden Einfluss der letzteren gegenüber jene ziemlich belanglos und die Berechtigung meines Verfahrens, die Empfindlichkeit und Empfindungsintensität zur Basis der Versuche zu machen, anzuerkennen sein. Dies gilt ganz besonders für denjenigen Theil der gestellten Aufgabe, welcher die Ermittelung der Leitungsgeschwindigkeiten betrifft. Will man die für die verschiedenen Bahnlängen in Rechnung kommenden Zeitwerthe aus dem Gesammtbetrage der Reactionszeit herausschälen, so ist augenscheinlich eine Auswahl ganz gleich- und dabei hervorragend gutempfindlicher Partieen nothwendig — letzteres, weil die Mittelwerthe mässigempfindlicher Gebiete zu different ausfallen. Es fragt sich nun zunächst, ob unsere resp. meine quantitative Unterschiedsempfindlichkeit fein genug ist, um Regionen von genügender Gleichheit der absoluten Empfindlichkeit auszusuchen. Ich habe den Eindruck, dass dies der Fall ist und möchte

als besonderen Beweis dafür anführen, dass, wie die Tabellen an mehreren Stellen zeigen, Partieen von gleicher Empfindlichkeit und gleicher Bahnlänge — d. h. also benachbarte — höchst übereinstimmende Mittelwerthe ergeben haben.

Man könnte weiter in Zweifel ziehen, ob es Angesichts der grossen Schwankungen der Einzelwerthe innerhalb einer Reihe, ja, an einer und derselben kugelgrossen Stelle — welche die nach unseren sonstigen Erfahrungen für Differenzen der Bahnlängen in Anschlag zu bringenden Zeitwerthe übertreffen -- überhaupt möglich sei, Schlüsse auf Leitungszeiten zu ziehen. Allein wenn zwei Gebiete von gleich guter und ähnlich angeordneter Empfindlichkeit vorliegen, so kann die Kugel zwar in jedem von beiden bald ein best-, bald ein weniger-empfindliches Flächenstückchen treffen, jedoch wird bei einer grösseren Anzahl von Versuchen unter den vorausgesetzten Bedingungen sich doch beiderseits ein ähnliches Mischungsverhältniss herausstellen. Dass dem so ist, zeigen die trotz der Schwankungen der Einzelwerthe doch gut übereinstimmenden Mittelwerthe. Besitzt nun die eine der beiden Regionen eine längere Leitungsbahn, so müssten sich die Zeitwerthe derselben um eine Constante — unter der vorläufigen Voraussetzung, dass die Leitungsgeschwindigkeit von der Empfindlichkeit nicht abhängt — vergrössert zeigen; daraus würde sich bei der Aufzählung nach Gruppenprocenten (s. oben) eine andere Anordnung ergeben, eine Art von Verschiebung, deren Grösse von dem Mehrbetrag der Leitungszeit abhängig wäre. Diese Verschiebung wäre ohne weiteres unterscheidbar gegen eine solche, wie sie hervorgerufen würde, wenn die betreffende Region zwar gleiche Empfindlichkeit wie die erste, aber dieselbe topisch anders angeordnet besässe, etwa ein ungünstigeres Mischungsverhältniss minder- und gutempfindlicher Stellen aufwiese. Hierbei würde nämlich — ich werde unten Beläge dafür anführen — keine eigentliche Verschiebung, sondern nur eine grössere Verzettelung der Werthe resultiren. Nach dieser Betrachtung muss es trotz der grossen Schwankungen der Einzelwerthe doch als möglich erscheinen, unter Voraussetzung der angegebenen Bedingungen auf die Leitungszeit schliessen zu können, und zwar — wobei ich das eben Gesagte nur näher ausführe — unter Anwendung folgender Kriterien:

Aus den Mittelwerthen allein ist ein sicherer Schluss auf Leitungszeiten nicht möglich, da auch bei gleicher regionärer Empfindlichkeit Differenzen der Mittelwerthe durch verschiedenartige topische Vertheilung der Empfindlichkeit bewirkt werden können.

Es ist daher neben den Beträgen der Durchschnittswerthe noch die Gruppirung der Einzelwerthe als wesentlich zu berücksichtigen. Hierbei

wird einerseits das Verhalten der niedrigsten und höchsten Werthe in Betracht kommen und zwar speciell, ob in der einen Versuchsreihe überhaupt ebenso niedrige resp. hohe Werthe vorkommen als in der anderen, und wenn dies der Fall ist, ob mit derselben Häufigkeit — letzteres mit Rücksicht darauf, dass eventuell die Leitungsdifferenz weniger als 0·05 Secunden — eine Gruppenbreite — betragen kann. Andererseits wird zu beachten sein, ob diejenigen Zeitgruppen, welche die dichteste Anhäufung von Zeitwerthen — das Gros derselben — enthalten, in beiden Reihen identisch sind oder ob das Gros der Zeitwerthe in der einen Reihe gegen die andere verschoben erscheint.

Es ist hierbei jedoch festzuhalten, dass diese Kriterien zutreffenden Falles nicht ohne weiteres für Leitungszeit sprechen, sondern nur dafür, dass die Einzelwerthe der einen Reihe sich von denen der anderen durch einen annähernd constanten Mehrbetrag unterscheiden, von welchem erst des Weiteren zu untersuchen wäre, in wie weit er auf Leitungszeit zu schieben sein dürfte. Alles dies aber nur unter der Voraussetzung gleicher Empfindlichkeit der Prüfungsregionen, da, wie ich an mehreren Beispielen zeigen werde, verschiedene Empfindlichkeit zweier Gebiete genau dieselben Verschiebungen in der Gruppirung der Einzelwerthe beider Versuchsreihen herbeizuführen im Stande ist, wie ich sie eben als charakteristisch angeführt habe.

Somit wären die Gesichtspunkte, nach denen das gewonnene Zahlenmaterial zu beurtheilen ist, fixirt und demnach möge die Besprechung desselben im Einzelnen nun folgen. Ich werde dabei die Kälte- und Wärmeempfindungen völlig getrennt behandeln.

Die gesammte Bearbeitung und Besprechung des Zahlenmaterials ist im Abdruck weggelassen worden.

Resumé.

Die allgemeinen Sätze, zu welchen ich gelangt bin, dürften etwa folgendermaassen zu fassen sein:

1. Die sehr erheblichen Verschiedenheiten der Reactionszeiten der Temperaturempfindungen sind hauptsächlich solche der Reizdauer. Durch dieses bestimmende Moment unterscheidet sich die Analyse der Reactionszeit sehr wesentlich von derjenigen bei anderen Sinnesmodalitäten.

2. Die Reizdauer und somit auch die Länge der Reactionszeiten wird durch den Schwellenwerth der Empfindung bestimmt.

3. Der Schwellenwerth ist einmal von der Empfindlichkeit, ferner von gewissen örtlichen Verhältnissen abhängig.

4. Der Schwellenwerth der Wärmeempfindungen ist im Allgemeinen grösser als derjenige der Kälteempfindungen.

5. Es ist kein Grund vorhanden, für die Leitungszeit der Temperaturempfindungen in den peripheren Nervenbahnen oder in der Rückenmarksbahn einen grösseren oder geringeren Betrag anzunehmen als für diejenige der Tastempfindungen. Ebenso wenig, die Leitungszeit der Wärmeempfindungen für grösser, als die der Kälteempfindungen zu erachten.

Ich habe schliesslich noch hervorzuheben, dass ich sehr wohl die Schwäche erkenne, welche meine Beweisführung dadurch besitzt, dass ich auf Zahlenwerthe zurückgegriffen habe, welche ein Anderer (A. Eulenburg) an sich festgestellt hat, und diese in Zusammenhang mit denjenigen gebracht habe, welche ich an mir ermittelt hatte. Es ist kein Zweifel, dass es vollkommener wäre, wenn ich die Schwellenreize ebenfalls an mir und zwar an den Prüfungsregionen der Reactionszeiten bestimmt hätte. Jedoch möchte ich darauf hinweisen, dass Eulenburg's Zahlen jedenfalls mehr als eine blos individuelle Bedeutung besitzen, wie schon daraus hervorgeht, dass sie sich in der Mehrzahl mit Nothnagel's Werthen decken und es wohl noch mehr thun würden, wenn die Fragestellung in den beiderseitigen Untersuchungen nicht eine abweichende gewesen wäre. Ausserdem benutzte ich ja meist, und ganz speciell in der Hauptsache, nämlich bei dem unterschiedlichen Schwellenwerth der Wärme- von dem der Kälteempfindungen, nur ungefähre Anhaltspunkte von Seiten der Reizmaxima.

Nach diesen Ergebnissen kann ich nun auch die Vermuthung Herzen's, welcher meint, dass die Erregungen der Wärmenerven langsamer geleitet werden und daraus schliesst, dass sie im Rückenmark die Bahn der grauen Substanz einschlagen, während die Erregungen der Kältenerven durch die Hinterstränge geleitet werden, nicht beistimmen. Ich hatte schon früher in dieser Frage geltend gemacht, dass, wenn diese Ansicht richtig wäre, wir bei der Tabes sehr gewöhnlich eine Herabsetzung der Kälteempfindlichkeit bei intacter oder wenig gestörter Wärmeempfindlichkeit finden würden, was doch nicht der Fall ist. Ich habe nun bei Topinard einen älteren Fall von Tabes vorgefunden, in welchem gerade das Gegentheil statt hatte.[1]) In seiner Observ. Nr. 202 spricht Topinard von einem Tabiker, welcher sehr atactisch und sehr anästhetisch war und bei vollständig erhaltenem Kältegefühl das Wärmegefühl vollkommen verloren hatte. Der erfahrene Autor setzt hinzu: „J'ai revu une autre fois le même fait, mais moins net.“

[1]) Topinard, De l'ataxie locomotrice. Paris 1864. p. 190 ff.

Ist die Haut diatherman?

Anschliessend an die nunmehr erledigte Beweisführung möchte ich noch einen Punkt besprechen, welcher an und für sich vielleicht überflüssig ist, jedoch mit Rücksicht auf eine gewisse anderweitige Publication, und zwar eine solche von hervorragender Bedeutung, mir der Beleuchtung nothwendig erscheint. In seiner Abhandlung: „Untersuchungen über die Wärmestrahlung des menschlichen Körpers“[1]) behauptet nämlich der Verfasser, Hr. Masje aus Mohilew in Russland, dass die Oberhaut diatherman sei und führt hierfür eine Beobachtung an, welche ich mit dem Wortlaut des Verf. gebe, S. 278: „Dass die Epidermis des lebenden Menschen wirklich diatherman ist, beweist die Thatsache, dass wir die von einer höher temperirten Wärmequelle aus unserer Umgebung kommenden Wärmestrahlen sofort empfinden, sobald wir unseren Körper denselben aussetzen. Wäre die Epidermis atherman, so müsste gerade wie bei Berührung heisser Körper eine gewisse Zeit verstreichen, bis die von der Epidermis absorbirte Wärme den im Corium endigenden Gefühlsnerven durch Leitung mittgetheilt würde, da ja die Epidermis ein schlechter Wärmeleiter ist.“ Er benutzt nun die vermeintliche Diathermanität zum Aufbau einer Theorie, welche die von ihm ermittelte, höchst bemerkenswerthe Thatsache erklären soll, dass nach hautabkühlenden Eingriffen bis zu einer gewissen Grenze die Wärmeausstrahlung der Haut nicht abnimmt, wie man es wegen der verminderten Temperaturdifferenz nach Analogie der leblosen Körper erwarten sollte, sondern zunimmt. Er folgert nämlich nun, dass die Cutis selbst durch die Oberhaut hindurch Wärme ausstrahlt, und meint, dass bei Kälteeinwirkung durch die Contraction der glatten Hautmuskeln in der Cutis ein dem Ritzen der Oberfläche eines leblosen Körpers ähnlicher Vorgang Platz greife. Es müsse dadurch ebenso wie durch das Ritzen eine gesteigerte Wärmeausstrahlung bewirkt werden. Weiterhin nimmt er noch eine chemisch moleculare Veränderung des Gewebes durch die Kältewirkung an, derart, dass das Strahlungsvermögen derselben gesteigert wird. Es ist nicht der Zweck dieser Abhandlung, die Theorie von Masje einer Kritik zu unterziehen. Ich möchte nur die Bemerkung einstreuen, dass er vielleicht besser thäte, sich auf die letztgenannte Annahme zu beschränken, da abgesehen von der zweifelhaften Diathermanität die Analogie mit dem Ritzen bedenklich erscheint. Denn wir wissen doch, dass es sich dabei in der Hauptsache um ein Aufdecken tieferer Schichten bei harter Oberfläche handelt, wärhend bei weichen Metallen

[1]) Virchow's Archiv. 1887. Bd. CVII. S. 17.

Eindrücke im Gegentheil die obersten Schichten verdichten und demgemäss auch eine Verminderung der Ausstrahlung bewirken. Mit diesem letzteren Vorgang dürfte aber bei der Contraction der Hautmuskeln eine grössere Analogie bestehen als mit dem ersteren. Ich bin nur vor allem gezwungen, die von ihm aufgeworfene Frage der Diathermanität der Oberhaut hier zu ventiliren, weil, wenn letztere wirklich diatherman ist, auch bei meiner Versuchsanordnung, d. h. bei berührender Kugel, zunächst garnicht die geleitete, sondern die strahlende Wärme in Wirkung treten würde, welche ohne Zeitverlust die Oberhaut durchsetzen und also merklich früher die Nervenenden erreichen würde, als jene. Letztere würde dann nach mehr oder minder kurzer Zeit nachhinken und es würde ein ganz anderes Verhältniss entstehen, als es von mir angenommen und zur Voraussetzung für meine Anschauung vom Schwellenwerth gemacht worden war. Hierbei fällt nun schon auf, dass Masje's Vorstellung garnicht folgerichtig gedacht ist; denn wenn er sagt, dass man strahlende Wärme schneller wahrnimmt, als die Wärme berührender heisser Körper, so ist nicht einzusehen, weshalb letztere nicht ebenfalls durch die diathermane Epidermis hindurch Wärmestrahlen senden sollen. Es wäre ferner die Eigenschaft der Diathermanität bei einem so eiweissreichen Gewebe gegen die sonstigen diesbezüglichen Erfahrungen, und wenn man allenfalls sie sich von dem Stratum corneum noch vorstellen könnte, so ist es doch unwahrscheinlich, dass die Schleimschicht sich in dieser Beziehung anders verhalten sollte als das Cutisgewebe. Ferner spricht dagegen, dass wenn man ein warmes Object in die Nähe der Haut bringt, die eintretende Wärmeempfindung, falls überhaupt eine vorhanden ist, doch unvergleichlich schwächer ist als diejenige, welche beim Berühren der Haut erfolgt. Nach Masje's Vorstellung, consequent durchgeführt, bestände aber der Unterschied nur darin, dass beim Berühren die theilweise Reflexion der Wärmestrahlen von der Hautoberfläche wegfällt und dass zur strahlenden noch die leitende Wärme hinzutritt. Bezüglich der letzteren weist er aber selbst auf das von Klug ermittelte schlechte Wärmeleitungsvermögen der Oberhaut hin, während doch diese „äussert diathermane" Schicht die Strahlen ungeschwächt passiren lassen müsste. Ich habe es jedoch noch für nothwendig gehalten, auch experimentell die Voraussetzung des Autors zu prüfen, freilich nur mittelst eines sehr einfachen und mehr improvisirten Apparates, welcher jedoch, wie ich glaube, zu der einfachen Lösung der Frage genügte. Als Wärmequelle wurde unsere, über einer Gasflamme erhitzte Kugel benutzt. Unmittelbar vor derselben befand sich ein dicker Pappschirm, welcher auf der der Kugel abgewandten (vorderen) Seite mit Watte beklebt war, während die hintere vor den Versuchen und auch

während derselben mit Wasser benetzt wurde. In dem Schirm war, der Kugel nach Grösse und Lage entsprechend, eine kreisrunde Oeffnung angebracht. Während die von dem früheren Apparat abgeschraubte Kugel an einem dicken langen Metalldraht von einem festen Stativ herabhing, wurde die Holzscheibe mit dem Winkelhebel vor dem Pappschirm befestigt. Der senkrechte Arm des Hebels trug anstatt der früheren Kugel einen kleinen Blechschirm, derart, dass, wenn der letztere gerade die Oeffnung in dem Pappschirm verdeckte, der wagerechte Theil des Hebelarmes erhoben war und nach oben an einen eigens angebrachten Metallcontact sties. Liess man diesen noch durch ein Gewicht beschwerten Arm fallen, so bewegte sich der Schirm von der Oeffnung weg, welche in demselben Moment völlig frei wurde, wo jener die Platinspitze erreichte. Der Blechschirm wurde in der Anfangsstellung, d. h. so, dass er die Oeffnung verdeckte, dadurch gehalten, dass ein Anderer den Hebelarm nach oben gegen den Contact drückte. Zu den Versuchen wurde die linke Hand benutzt, welche in einer bestimmten Entfernung vor der durch den Schirm verschlossenen Oeffnung auf die radiale oder ulnare Seite gelagert wurde, je nachdem der Handrücken oder die Hohlhand der Wärmequelle zugewandt werden sollte. Die Augen wurden geschlossen. Der Moment, in welchem der erhobene Arm des Winkelhebels zu fallen begann, wurde durch Unterbrechung eines Stromes, welche durch die Lösung des Contactes herbeigeführt wurde, die beginnende Empfindung wie früher mittelst eines Beisscontactes signalisirt. Die Abhaltung der Wärmestrahlen durch die Pappwand ist zwar principiell gewiss eine sehr unvollkommene, allein bei der kurzen Dauer eines Versuches und da nur immer einige in einer Sitzung wegen der leicht eintretenden Ermüdung der Hautnerven und der Veränderung der Hauttemperatur gemacht werden konnten und bei der beständigen Anfeuchtung genügte diese Anordnung, um ein merkliches Wärmegefühl während der Pausen völlig zu verhindern. Man könnte ferner beanstanden, dass in Folge der successiven Freilegung der Oeffnung die einzelnen Partieen der Haut zu verschiedener Zeit den Wärmestrahlen exponirt wurden. Die Zeit, welche vom Beginn des Fallens des Hebelarmes bis zur völligen Freilegung der Oeffnung verging, wurde besonders gemessen. Sie betrug im Mittel 0·125 Secunden mit sehr unbedeutenden Schwankungen. Nach dieser Zeit aber war ein grosser Bezirk, etwa die ganze Hohlhand resp. der ganze Handrücken, bestrahlt, während ein kugelgrosses Stück der Hautoberfläche, also wie bei den Versuchen mit berührender Kugel, schon nach ganz unerheblicher Frist von den Wärmestrahlen getroffen werden musste.

Zunächst wurde nun die von Masje ausgeführte Beobachtung ge-

prüft. Hierbei ergab sich, dass die Wärme unter den angegebenen Bedingungen keineswegs früher wahrgenommen wurde als in den Versuchen mit berührender Kugel. Bei den ersten Versuchsreihen wurde die Kugel nur so weit erwärmt, dass ein schwaches Wärmegefühl in der Hand entstand. Hierbei ergab sich für den Handteller eine durchschnittliche Reactionszeit von 72·9 — die Einheit bildet wieder 0·01 Secunde —, in einer anderen Reihe sogar 98·5, für den Handrücken 61·3. Ein auffallend schnelles Wahrnehmen der strahlenden Wärme ist also nicht vorhanden, vielmehr bewegen sich die Zahlen ungefähr in der Höhe wie die für schwache berührende Wärmereize gefundenen. Weiterhin nun wurde die Möglichkeit einer genaueren Vergleichung beider Reizarten angestrebt. Die Kugel wurde nämlich stärker, bis zur dunklen Rothglut, erhitzt und ihre Temperatur so erhalten, dass ein in 7 cm Entfernung von ihr aufgestelltes, mit Russ geschwärztes, Thermometer sich in der Höhe von 41·0 bis 41·5° C. hielt. Dies liess sich durch eine geeignete Aufstellung des Brenners, so dass die mässigstarke Flamme die Kugel nur tangential traf, erreichen. Die Hand wurde dann der Oeffnung so gegenübergestellt, dass die Haut des Handrückens resp. der Hohlhand sich ebenfalls in circa 7 cm Entfernung von der Kugel befand. Die erwärmende Wirkung der Strahlen wird unter dieser Bedingung ungefähr gleichzusetzen sein derjenigen einer Kugel von 41—41·5°, welche ihre Strahlen unmittelbar von der Hautoberfläche aus gegen die Cutis sendet, — wenn wir von dem Unterschiede in der Grösse der bestrahlten Fläche absehen und der Vorstellung folgen, als wirke auch die berührende Kugel durch ihre Wärmestrahlen auf die Nervenenden. Der hierbei erhaltene Mittelwerth betrug nun für die Hohlhand 76·4 — also ungefähr eben so viel als der mittelst der berührenden Kugel von 34° ermittelte Werth. Für den radialen Theil des Handrückens, welcher das früher geprüfte Spatium interosseum prim. in sich fasst, wurde der Werth 76·1 ermittelt. Man kann also jedenfalls nicht sagen, dass die strahlende Wärme auffallend schnell empfunden wird. Vielmehr sprechen diese Versuchsergebnisse eher dafür, dass auch die strahlende Wärme zunächst nur die obersten Schichten der Oberhaut erwärmt und dass von hier aus sich die Wärme durch Leitung fortpflanzt. Möglicher Weise erscheinen die Werthe für die Hohlhand hierbei allerdings gegenüber denen der berührenden Kugel vergrössert, weil das Moment der festeren Anlagerung und deshalb besseren Wärmeaustausches der strahlenden Wärme abgeht.

Die Frage der Diathermanität ist aber damit nicht erledigt, dass die von Masje angezogene Beobachtung nicht zutrifft, denn es könnte ja

auch der berührende Wärmereiz eben durch Strahlung wirken. Es wurde deshalb folgender Weg eingeschlagen. In die Oberfläche der Haut wurde eine dichte Russschicht eingerieben. Vorausgesetzt nun, dass die Oberhaut diatherman ist, so wird die Russschicht die Wärmestrahlen absorbiren und sich dabei erwärmen und, sobald sie eine höhere Temperatur als die Cutisoberfläche angenommen hat, gegen diese einen Theil der absorbirten Wärme wieder aussenden. Dadurch wird ein erheblicher Zeitaufenthalt gesetzt werden, und wenn dem auch zum Theil der Umstand entgegenwirkt, dass die Reflexion der Strahlen geringer sein wird, somit die Russschicht sich schneller erwärmt als die nackte oberste Hautschicht, so muss doch entschieden die Einfügung einer adiathermanen Schicht die Zeit merklich verlängern. Ist dagegen die Oberhaut adiatherman, werden also von den Wärmestrahlen nur die obersten Schichten getroffen, von welchen aus die Wärme sich durch Leitung weiter nach innen fortpflanzt, so wird durch die Russschicht zunächst ein neues Leitungshinderniss gesetzt. Dasselbe dürfte aber sehr wenig ausmachen, weil eine nennenswerthe Verdickung der Oberhaut nicht erfolgt, der Russ vielmehr hauptsächlich in die Unebenheiten und Furchen der Hautoberfläche sich hineinsetzt und das Relief derselben gewissermaassen nivellirt. Diese Störung wird reichlich ausgeglichen werden durch die grosse Absorptionsfähigkeit des Russes. Die Versuchsanordnung war genau so wie oben beschrieben. Es ergab sich am unberussten Handteller der schon vorhin vorgreifend erwähnte Mittelwerth 76·4, am berussten Handteller 65·5 und nach noch weiterer Verstärkung der Russschicht 63·1. An einem anderen Tage, als die Kugeltemperatur nicht nach dem Thermometer constant erhalten wurde, sondern blos eine gleiche Empfindungsstärke in den beiderseitigen Versuchsreihen herbeigeführt wurde, ergab sich für den unberussten Handteller 69·7 — für den berussten 57·2. Uebrigens wurde die Berührung der warmen Kugel an der berussten Fläche keineswegs als schwächer, eher als stärker warm empfunden — für den Fall, dass die Oberhaut adiatherman ist, ein Zeichen, dass jedenfalls ein nennenswerthes Leitungshinderniss durch die Russschicht nicht gesetzt wird. Die bei diesen Versuchen gefundenen Reactionszeitwerthe scheinen mir in unzweifelhafter Weise dagegen zu sprechen, dass die Oberhaut diatherman ist. — Ein weiterer Beweis erwächst aus Versuchen, welche zu einem anderen Zwecke angestellt wurden und nachher ausführlicher zu schildern sind. Es wurde dabei die Reactionszeit von einer und derselben Hautstelle einmal in ihrem natürlichen Zustande und weiter nach mechanischer Verdünnung der Oberhaut bestimmt und es ergab sich, dass unter diesen Umständen der Wärmereiz erheblich schneller percipirt wurde.

Wäre die Epidermis diatherman, so würde die künstliche Verdünnung keinen merklichen Zeitunterschied bedingen.

Ueber das Verhalten der Temperatur in der Schicht der Nervenendigungen.

Ich kann es mir nicht versagen, hier anhangsweise eine Betrachtung über die Vorgänge in der Nervenendorganschicht bei Temperaturreizen, soweit wir denselben nachgehen können, beizufügen. Wir hatten gesehen, dass für den Schwellenwerth der Betrag der Erwärmung resp. Abkühlung, — bleiben wir im Folgenden bei der Erwärmung — der empfindlichen Schicht maassgebend ist, was nach einer oben durchgeführten Vorstellung identisch ist mit Stärke und Dauer der Erregung der Temperaturnerven. Es ist nun ein, wie ich meine, noch nicht in Angriff genommenes Problem zu ermitteln, wie gross dieser Betrag ist resp. wie er sich zu der Intensität und Dauer des äusseren Temperaturreizes verhält. Die Schwellenwerthe der äusseren Temperaturreize geben uns noch keinen Begriff von den wirklichen Schwellenwerthen in der Hautschicht, wo sich die Nervenenden ausbreiten. Das Problem ist ein ähnliches wie etwa die Umrechnung der räumlichen Unterschiedsempfindlichkeit für Sehreize auf die Zahl der Retinaendigungen. Sicher sind die Temperaturveränderungen in der fraglichen Schicht relativ geringe, denn dieselbe ist von der Wärmequelle durch eine Membran von sehr schlechtem Wärmeleitungsvermögen geschieden. Eine Lösung der Frage könnte durch directe Beobachtung der Temperaturvorgänge im Stratum papillare gedacht werden. Ein anderer Weg wäre es, die in Betracht kommenden physikalischen Eigenschaften der Oberhaut — ich nehme die betreffende Schicht als an der Grenze zwischen Cutis und Oberhaut liegend an — für sich zu bestimmen und den fraglichen Betrag sodann durch Rechnung zu ermitteln. Es handelt sich ausser der Dicke derselben um ihre Wärmeleitungsfähigkeit(k), ihre specifische Wärme und Dichtigkeit. Die Wärmeleitung der Haut ist nun zwar schon vielfach besprochen worden, aber fast ausschliesslich mit Rücksicht auf die Wärme**abgabe** des Körpers, daher auch das hauptsächliche Interesse sich immer dem Ausstrahlungsvermögen zuwandte. Eine physikalische Untersuchung der Haut bezüglich ihres Leitungsvermögens wurde von Klug[1]) angestellt, aber eine gesonderte Prüfung der Oberhaut resp. der Hornschicht derselben nicht

[1]) Untersuchungen über die Wärmeleitung der Haut. Zeitschrift für Biologie. 1874. Bd. X. S. 73.

vorgenommen. Immerhin geht jedoch aus seinen Untersuchungen hervor, dass das Wärmeleitungsvermögen der Oberhaut schlechter ist als dasjenige der Lederhaut.[1]) Dies bleibt bestehen, auch wenn ich gegen die Gültigkeit seiner absoluten Werthe Bedenken habe. Klug stellte zwei gleiche Glasgefässe mit den Oeffnungen an einander, während die aufwärts gerichteten Flächen je eine mit einem Pfropf verschlossene Durchbohrung trugen, durch welche je ein Thermometer bis in die Mitte des Inneren des Gefässes ragte. Die Oeffnungen erhielten je eine Verschlussmembran von Pericard; die Gefässe selbst wurden mit Quecksilber gefüllt. Das eine derselben wurde noch in eine grössere Kapsel von Pappe geschlossen, deren Innenraum mit Wolle ausgefüllt war. Es wurde nun das nicht umkleidete Gefäss erwärmt und diesem sodann, Oeffnung an Oeffnung, das mit der Kapsel versehene gegenübergestellt, nachdem zwischen die beiden Membranen das zu untersuchende Hautstück gelegt war. Nun wurde beobachtet, um wie viel das Thermometer des zweiten Gefässes innerhalb einer Minute stieg und daraus berechnet, wie viele Calorieen in dieser Zeit durch die Haut hindurchgegangen waren. Es lässt sich gegen diese Versuchsanordnung einwenden, dass das Wärmeleitungsvermögen der Pericardmembran nicht genügend berücksichtigt ist. Klug führt nicht an, wie der Thermemeterstand in dem zweiten Gefäss ohne Einfügung des Hautstückes nach einer Minute sich verhalten hat. Ich glaube deshalb annehmen zu dürfen, dass die von ihm angegebenen Werthe im Allgemeinen zu klein sind. Hierzu kommt vielleicht noch ein — nicht der Versuchsanordnung als solcher zur Last zu legender — Umstand: dass nämlich möglicher Weise die Wärmeleitungsfähigkeit des lebenden Gewebes besser ist als die des todten. Der Werth k für einzelne Schichten, speciell für die Oberhaut, lässt sich aus seinen Ergebnissen nicht berechnen, da die Schichten der Haut nicht für sich, sondern nur in je verschiedenen Combinationen geprüft wurden. Es ist nun gerade für meinen Zweck sehr interessant, die Ablesungen des Thermometers selbst in's Auge zu fassen, welche der Autor nicht angiebt, welche sich jedoch aus seinen Angaben der Calorieen durch Rückrechnung leicht ermitteln lassen. So muss — nach meiner Rechnung — bei einem anfänglich vorhandenen Temperaturunterschied von 18 · 1° C. und Einfügung eines Stückes Haut von der Handfläche, bestehend aus 0 · 1 cm Cutis und 0 · 2 cm Epidermis, das zweite Thermometer in einer Minute um 0 · 3° C. gestiegen sein. Man erwäge, mit Rücksicht darauf,

---

[1]) Landois hat die Wärmeleitungsfähigkeit der verschiedenen Gewebe untersucht und findet die der Haut ebenfalls relativ gering, besonders der blutlosen Haut. Numerische Werthe giebt der genannte Forscher nicht an.

dass die Epidermis thatsächlich schlechter leitet als die Cutis, um welchen winzigen Betrag die Temperatur der empfindlichen Schicht, bei demselben Temperaturunterschied, innerhalb 0 · 01—0 · 07 Secunden (s. unten) steigen müsste — wenn diese Zahlen richtig wären. Eine rechnerische Verwendung derselben möchte sich daher nicht empfehlen.

Ich habe geglaubt, auf einem anderen Wege, auch ohne Kenntniss der physikalischen Constanten, wenigstens zu einem ungefähren Urtheil über den dem Schwellenwerth entsprechenden Betrag der Erwärmung der Endorganschicht gelangen zu können. Ich setze voraus, dass an einer und derselben Hautstelle die Schwelle des Wärmeschmerzes constant sei, d. h. dass, um Schmerz zu erzeugen, immer der gleiche Betrag der Erwärmung nothwendig sei. Wenn man nun weiter diesen Betrag ermitteln könnte, so wäre man in der Lage, aus den verschiedenen Zeiten, welche ein und derselbe Wärmereiz gebraucht, um Wärmeempfindung und Wärmeschmerz zu erzeugen, auf den der Wärmeempfindungschwelle entsprechenden Betrag zu schliessen.

An einer umgrenzten, kugelgrossen Stelle des linken Daumenballens erzeugte die auf 50° erwärmte Kugel im Mittel nach 2 · 54 Secunden Reizdauer Schmerz. Es wurde nun dort eine Schicht der Oberhaut vorsichtig mechanisch entfernt, indem mit der Lanzette parallel zur Oberfläche eingegangen wurde, wobei weder Schmerz noch Blutung entstand. Die abgelöste Schicht erwies sich, mit einem Tasterzirkel, welcher Zehntel von Millimetern ablesen lässt, gemessen als von 0 · 3 mm Dicke. Jetzt erregte die Kugel schon bei 42° Schmerz, allerdings erst nach 3 · 67 Secunden im Mittel. Da anzunehmender Weise wohl noch etwa 0 · 6 mm Oberhaut vorhanden waren, so ist die Temperatur der empfindlichen Schicht gewiss auch unter diesen Umständen noch weit unter der Reiztemperatur geblieben; aber es geht daraus hervor, wie sehr die Wirkung der äusseren Temperaturreize durch die Oberhaut abgeschwächt wird und um wie viel geringer die in der empfindlichen Schicht vorgehenden Temperaturschwankungen sind als die Differenzen der Temperaturreize. An derselben „enthornten“ Stelle erregte die Kugel bei 46° nach 2 · 31 — bei 50° nach 1 · 61 Secunden in der einen Reihe, nach 1 · 32 Secunden in der anderen Reihe Schmerz.

An der Rückenfläche des Vorderarmes wurde eine kugelgrosse Stelle enthornt, so dass der Grund röthlich und hier und da ein Blutpünktchen sichtbar war. Hier erregte die erwärmte Kugel schon bei 40° im Mittel nach 7 · 19 Secunden eine Spur schmerzlichen Gefühles, bei 40 · 5° in der einen Reihe nach 2 · 71 Secunden — in der anderen nach 3 · 47 Secunden Wärmeschmerz; bei 41° nach 2 · 13 Secunden. In der Umgebung dieser Stelle dagegen, auf intacter Haut, entstand bei 54° auch

erst nach 2·13 Secunden Wärmeschmerz. Man darf annehmen, dass bei diesem Versuche der Wärmereiz in grösster Nähe der empfindlichen Schicht applicirt wurde. Dieselbe könnte demnach wohl nach 7 Secunden die Temperatur der Kugel ganz oder annähernd erreicht haben und wir würden somit schon bei einer Erwärmung der Nervenenden auf höchstens 40° zur Schmerzgrenze gelangt sein. Freilich könnte man einwenden, dass durch die Entfernung eine Hyperalgesie hervorgerufen sei, derart, dass nun schon eine geringere Erwärmung als unter normalen Verhältnissen Schmerz erzeuge. Jedoch spricht hiergegen, dass gleichzeitig Berührung und Druck an den betreffenden Stellen keinen Schmerz erzeugten, sowie auch spontan kein Schmerz vorhanden war. Allerdings möchte ich dies noch nicht als durchaus eine Hyperalgesie ausschliessend ansehen. Unmittelbar nach dem Ablösen der Hornschicht bis in grössere Tiefe ist oft eine Herabsetzung der Sensibilität vorhanden. In diesem Stadium ist dann auch jene Schmerzwirkung noch nicht zu constatiren und wenn man die Stelle jetzt wieder mit der alten Hornhaut fest bedeckt, so zeigt sich auch die frühere Schmerzschwelle hinaufgerückt. Nach Ablauf dieses — nicht immer vorhandenen — Stadiums erst ist jene eben zahlenmässig belegte Schmerzempfindlichkeit nachweisbar. Es könnte also allenfalls der herabgesetzten eine gesteigerte Empfindlichkeit gefolgt sein. Weiterhin stellt sich dann gelegentlich eine gesteigerte Empfindlichkeit auf Druck ein, welche jedoch nicht bis zum Schmerzhaften geht, sondern nur eine besonders lebhafte Druckempfindung verursacht. Auch dies braucht nicht nothwendig eine Hyperalgesie zu bedeuten, sondern kann auf den Ausfall der Hornhaut bezogen werden. Obwohl ich es nicht entscheiden kann, so erscheint es mir doch am plausibelsten, dass die Verringerung der Schmerzschwelle nicht ein Zeichen von Hyperalgesie, sondern lediglich eine einfache Folge des Ausfalles einer schlechtleitenden Schicht ist. Uebrigens bemerke ich, dass schon nach mehreren Reizen die Sensibilität herabgesetzt ist, wodurch die Bestimmung der Schmerzschwelle unsicher wird. Eine gewisse Stütze erhält meine Ansicht durch folgendes: An der linken Zeigefingerbeere erregte die auf 52° erwärmte Kugel im Mittel nach 17 · 61 Secunden Schmerz; nach Entfernung einer 0·3 mm dicken Hornschicht aber genügten hierzu schon 2·25 Secunden im Mittel. Hierbei stand noch soviel Oberhaut, dass von einer Insultirung der Nerven und von Hyperalgesie nicht die Rede sein konnte. Die Leitungsfähigkeit gerade des derben Stratum corneum wird durch diesen Versuch als sehr schlecht hingestellt. Unter diesen Umständen aber wird es recht denkbar, dass die Erwärmung der Endorganschicht am Daumenballen bei einer Reiztemperatur von 50° nach 2 · 54 Secunden in der That nicht grösser ist als im enthornten Zustande bei Reiz 42°

nach 3·67 Secunden — und am Vorderarm bei Reiz 54° nach 2·13 Secunden nicht grösser als im enthornten Zustande bei Reiz 41° nach der gleichen Zeit.

Ich hoffte nun auf folgendem Wege weiter zu kommen: Am linken Daumenballen wurde eine feine Insectennadel durch die Haut geführt, derart, dass sie unter der Oberhaut wegging und einen oberflächlichen Theil der Cutis streifte oder durchbohrte, so dass etwas Schmerz entstand und eine Spur Blut heraussickerte. Ich machte die Voraussetzung, dass beim Eintauchen der Hand in warmes Wasser die Nadel sehr schnell und ziemlich vollständig die Temperatur des Wassers annehmen und den anliegenden Hautschichten mittheilen würde.

Es ergab sich nun folgendes:

Temperatur des Wassers		Gefühl
beim Eintauchen	beim Herausnehmen	
40·3	40·0	Eine Spur Schmerz.
40·6	40·0	Schwacher Schmerz.
41·0	40·6	Deutlicher Schmerz.
40·8	40·5	Deutlicher Schmerz.
40·6	40·4	Schwacher Schmerz.
40·1	39·7	Ganz leichte Gefühlssensation (nicht Schmerz).
39·9	39·5	Ganz leichte Gefühlssensation (nicht Schmerz).
39·0	38·5	Eben merkliche Sensation.
38·1	37·8	Unsicher, ob etwas gefühlt wird.
42·8	42·5	Schon etwas lebhafter Schmerz.
43·5	43·3	Noch etwas stärkerer Schmerz.

Bei Berührungsreizen in der Umgebung der Nadel war keine besondere Empfindlichkeit zu constatiren. Direct auf derselben allerdings sind schon leichte Berührungen empfindlich, wenn auch nicht schmerzhaft.

Nach einer einhalbstündigen Pause und nachdem die Nadel im Ganzen über eine Stunde in der Haut gesteckt hat, welche etwas torpide geworden ist, ergab eine erneute Prüfung folgendes:

Temperatur des Wassers		Gefühl
beim Eintauchen	beim Herausnehmen	
40·0	39·6	Nichts gefühlt.
41·5	41·3	Deutlicher Schmerz.
40·8	40·5	Leichter Schmerz.
40·0	39·5	Nach längerer Zeit eben merkliche, nicht schmerzhafte Sensation.
39·2	39·0	Eben merkliche Sensation.
38·2	37·8	Nichts gefühlt.
40·7	40·3	Eben merkliche Sensation.
43·0	42·6	Etwas lebhafterer Schmerz.

Des Weiteren zeigt sich die Sensibilität der Hautstelle entschieden abgestumpft. Nach Entfernung der Nadel besteht eine unangenehm ziehende Sensation. Eintauchen in verschieden temperirtes Wasser verursacht bis zu 39° herunter an der wunden Stelle eine Sensation, welche jedoch auch über 42° noch nicht schmerzhaft ist. Berührungen sind in den ersten Minuten nach der Entfernung der Nadel etwas empfindlich.

Man sollte meinen, dass eine durch die Verwundung und den Nadeldruck hervorgerufene Hyperalgesie sich darin hätte äussern müssen, dass schon der blosse Druck der Nadel gegen die anliegenden Hauttheile einen beständigen Schmerz erregte. Jedoch löste die ruhende Nadel gar keinen Schmerz aus und die Empfindlichkeit über der Nadel könnte man auch ohne Hyperalgesie durch den Druck gegen die harte Unterlage erklären. Dennoch lässt sich auch hier nicht abweisen, dass möglicher Weise eine Hyperalgesie gegen Wärmereize bestanden habe. Dass die mit der Erwärmung der Nadel einhergehende Ausdehnung derselben durch Druck gegen die Haut den Schmerz erzeugt habe, ist bei dem feinen Kaliber der Nadel nicht anzunehmen.

Handelt es sich aber nicht um Hyperalgesie, so geht aus den Versuchen hervor, dass schon bei der Erwärmung des Hautinneren auf 40—41° Schmerz zu Stande kommen kann, und es ist immerhin bemerkenswerth, dass bei zwei verschiedenartigen mechanischen Eingriffen sich derselbe Grenzwerth ergeben hat.

Wenn wir nun einmal die Erwärmung auf 40° als den fraglichen Betrag der Schmerzschwelle annehmen wollen und auf den Vorderarmversuch zurückgreifen, so fanden wir dort, dass ein Reiz von 54° nach 2·13 Secunden bei einer Oberhautdicke, welche etwa 0·2 mm betragen wird, Schmerz erzeugte oder vielmehr nach höchstens 2 Secunden Reiz-

dauer, denn der Werth 2·13 enthält zugleich auch die Reaction; die Eigentemperatur der empfindlichen Schicht kennen wir nicht; doch dürfte sie nicht viel grösser als 34° sein, da ich die Temperatur nach Entfernung der Hornschicht zu 33·8° fand. Danach wäre die Temperatur in dieser Schicht bei einem um 20° höheren Reiz in 2 Secunden um ca. 6° gestiegen. Zu ähnlichen Ergebnissen führt es, wenn man die Betrachtung auf den Daumenballen ausdehnt. Eine derartige gute Wärmeleitungsfähigkeit der Oberhaut ist jedoch höchst unwahrscheinlich. Ich entnehme daraus, dass ein bestimmender Betrag der Erwärmung, bei welchem Schmerz eintritt, überhaupt nicht existirt. Wahrscheinlich handelt es sich auch hier um die beiden Factoren: Stärke der Reizung und Dauer derselben. An den meisten Hautstellen pflegt ein Reiz von 50—52° nach kurzer Zeit Schmerz zu erregen, während ein Reiz von 45° auch nach noch so langer Zeit dies nicht thut. Dass bei ersterem während einer Reizdauer von zwei Secunden und weniger die Temperatur der Endorganschicht auch nicht annähernd auf 45° steigt, dürfte nach Obigem zweifellos sein. Bei unendlich langer Berührung der Wärmequelle von 45° wird die Erwärmung mindestens eine ebenso grosse sein, als dort in zwei Secunden. Also die absolute Erwärmung ist nicht maassgebend, sondern mindestens auch die Geschwindigkeit derselben, wie wir es auch von der nervenreizenden Wirkung von differenten Temperaturen bei Thieren wissen. Ist aber die Veränderung der Temperatur das Erregende, so bedeutet Schnelligkeit der Veränderung — Stärke der Erregung. Die Beziehung der Zeit bedarf keines Nachweises. Um ein schematisches Beispiel zu geben, so scheint das Verhältniss so zu liegen: es wirke ein starker Wärmereiz ein, bei welchem die Temperatur der Endorganschicht in 0·5 Secunden von 34° und 35° steigt, so kann hierbei in dieser Zeit schon Schmerz empfunden werden; es wirke ein anderer Wärmereiz ein, bei welchem dieselbe in 0·5 Secunden von 34° auf 34·3° steige, so kann bei dauerndem Reiz die Temperatur schiesslich einen viel höheren Grad als 35° erreichen, ohne dass Schmerz ausgelöst wird.

Jene Voraussetzung, dass der Schmerzschwelle an derselben Stelle je derselbe Betrag der Erwärmung entspreche, ist also nicht zutreffend und demgemäss können wir auch die Schmerzschwelle nicht zum Ausgangspunkt für eine Bestimmung des Schwellenwerthes der Erregung der Wärmenerven machen. Ich wollte jedoch die Beifügung dieser Versuche um der Sache selbst willen nicht unterlassen. Denn immerhin, wenn wir auch zu irgend welchen bestimmten Werthen nicht gelangen, bleibt es doch bestehen, dass die Veränderungen der empfindlichen Schicht selbst bei schmerzhaften Erregungen relativ geringfügige sind — wenn

es sich nicht in den obigen Versuchen um hyperalgetische Zustände handelte. Eine Stütze nun für die Anschauung, dass dies nicht der Fall ist, erwächst aus der Thatsache, dass auch unter natürlichen Verhältnissen an manchen Körperstellen die Wärme-Schmerzschwelle sehr niedrig liegt. Ich könnte mich hierbei einfach auf die Donath'schen[1]) Untersuchungen berufen, bei welchen die zur Erzeugung von Wärmeschmerz hinreichende Reiztemperatur an einzelnen Stellen sogar bis zu 36·3° herab gefunden wurde. Allein die überhaupt auffallend niedrigen Werthe von Donath scheinen mir nicht ganz frei von Bedenken zu sein. Sein Thermalgimeter besteht aus einem Thermometer, dessen Quecksilbergefäss mit einem durch Wasserglas angeklebten Platindraht umwickelt ist, welcher durch einen electrischen Strom erhitzt wird. Auf die Haut wird das mit Draht bekleidete Gefäss gesetzt. Die Hautoberfläche liegt demnach für die Wärmequelle jedenfalls günstiger, als das Quecksilber des Gefässes, welches durch Glas und Wasserglas von ihr geschieden ist. Es erscheint mir danach zweifelhaft, ob in allen Fällen in demselben Moment, wo Schmerz gefühlt wird, der Quecksilberstand schon die richtige Drahttemperatur angiebt, und da der Strom im Augenblick der Schmerzempfindung geöffnet wird und der Draht nun erkaltet, so möchte auch ein nachträgliches Steigen des Quecksilbers nicht ganz correct ausfallen. Ich habe wenigstens an meinem Körper mit Benutzung der erwärmten Kugel mich von so niedrigen Schmerzschwellen nicht überzeugen können, wenn auch zweifellos bedeutende individuelle Verschiedenheiten in dieser Hinsicht bestehen. Jedoch habe ich immerhin schon mit 42·5° Schmerz hervorbringen können und zwar an der Brustwarze und an den Augenlidern. Beide Theile zeichnen sich durch dünne Oberhaut aus und wenn sie auch gleichzeitig sehr nervenreich sind, so darf man doch nicht vergessen, dass andere, ebenfalls sehr nervenreiche Theile, wie die Fingerspitzen, doch sehr hoher Wärmereize bedürfen. Die Ursache der niedrigen Schmerzschwelle liegt hier zweifellos hauptsächlich in der dünneren Oberhaut, und somit bestätigen diese Angaben, welche von nicht alterirten Hautstellen gewonnen sind, die obige Vorstellung. Uebrigens möchte ich gelegentlich darauf hinweisen, dass so geringe Temperaturveränderungen, wie sie hier anscheinend vorliegen, nach sonstigen Erfahrungen auf die Nervenfaser kaum wirken (Grützner), dass also wahrscheinlich auch Schmerz leichter von den Nervenendigungen als von den Fasern in ihrer Continuität ausgelöst

---

[1]) Donath, Ueber die Grenzen des Temperatursinnes im gesunden und kranken Zustande. Archiv für Psychiatrie. Bd. XV. S. 695.

wird.[1]) Hierfür spricht auch die geringe Schmerzempfindlichkeit des Unterhautzellgewebes gegenüber der Cutis.

Wenn somit selbst die zur Erzeugung von Schmerzgefühl hinreichende Veränderung der Endorganschicht als geringfügig angesehen werden muss, so ist dies noch in viel höherem Grade bezüglich der Temperatur-Empfindungsschwelle der Fall, da hier die Zeiten bei Weitem kürzer sind. Ich hatte bezüglich der Kälteempfindung beim Gesicht darauf hingewiesen, dass die Reactionszeiten sich kaum über diejenigen der Berührungsreize erheben. Zieht man nun die von Exner für electrische Reizung der Tastnerven, besonders an der oberen Extremität — wobei die Nerven direct erregt werden, also der durch Umsetzung des adäquaten Reizes in den Nervenprocess consumirte Zeitbetrag fortfällt —, ermittelten Werthe in Betracht, sowie die von v. Vintschgau und Steinach in ihrer vorläufigen Mittheilung gegebenen Werthe für Berührungs- und Kälteempfindung, so gelangt man allerdings zu wechselnden Differenzen von 0·01—0·07 Secunden, welche man auf den physikalischen Vorgang der Abkühlung der Endorganschicht bis zum Schwellenwerth beziehen könnte. Erwägt man nun, dass die Veränderungen dieser Schicht beim Wärmeschmerz, wo es sich um Zeiten von ca. 2 Secunden und darüber handelt, als relativ geringfügig erkannt waren, so wird man sich die während einer Frist von 0·01—0·07 Secunden vorgehenden Veränderungen der Eigentemperatur als so winzig denken müssen, dass wir unsere Vorstellungen über die Feinheit und Leistungsfähigkeit des Temperatursinnes wohl erheblich über das gewohnte Maass zu steigern und demselben eine ebenbürtige Stellung neben den licht-, schall- u. s. w. empfindlichen Nerven anzuweisen haben werden. Es ist dies ausserdem ein neuer Beitrag zu ähnlichen Erfahrungen von Seiten anderer Sinne, dass wir niemals die wahre Temperatur der uns umgebenden Objecte durch unser Gefühl werden erkennen können, sondern stets nur ein Miniaturbildchen derselben, nämlich die Schwankungen der Eigentemperatur unserer temperaturempfindlichen Nerven.

Wenn es vorläufig nicht gelingt, den absoluten Betrag dieser Schwankungen zu ermitteln, so ist doch der Versuch berechtigt, den gesetzmässigen Beziehungen zwischen den Veränderungen der Temperatur des Hautinneren und der Grösse und Dauer der äusseren Temperaturreize nachzugehen. Auf meine Bitte ist mein Bruder diesem Problem durch mathematische Betrachtungen, deren Resultate im

---

[1]) Vergl. die Versuche mit thermischer Reizung an enthäuteten Fröschen von Lauterbach, The physiological action of heat. Journal of Physiology. Vol. II. p. 307 sqq.

Anhang kurz niedergelegt sind, näher getreten. Aus denselben ergiebt sich zugleich, in welcher Weise die physikalischen Constanten, falls sie einmal ermittelt werden sollten, Verwendung zu finden haben.

Der experimentelle Theil vorstehender Arbeit ist in der speciell physiologischen Abtheilung des Berliner physiologischen Instituts unter Leitung des Herrn Professor Gad, welchem ich dankbarst verpflichtet bin, ausgeführt worden.

Anhang.

Ueber die Wärmebewegung der Haut bei äusseren Temperatureinwirkungen.

Von Prof. Fr. Goldscheider, Oberlehrer am Luisenstädt. Realgymnasium zu Berlin.

Die Haut wird von einem von innen nach aussen gehenden Wärmestrom durchsetzt; von der Oberfläche derselben schichtweise nach innen vordringend, würden wir auf eine immer höhere und höhere Temperatur stossen, bis in einer gewissen Tiefe dieselbe Bluttemperatur erreicht und damit constant wird; wenigstens haben die Differenzen, welche die Bluttemperatur verschiedener Körperabschnitte zeigt, für unsere Frage keine Bedeutung. In welcher Tiefe dies geschieht, ist unbekannt; möglicherweise erst unterhalb des Fettpolsters. Nähere Daten über die Art des in dem Hauptquerschnitt bestehenden Wärmegefälles fehlen uns gleichfalls. Gleichmässig ist dasselbe wahrscheinlich nicht, denn es ist ziemlich sicher, dass die Wärmeleitungsfähigkeit der Lederhaut besser ist als diejenige der Oberhaut und des Fettgewebes. Es wird auch nicht ohne Belang sein, dass die Oberhaut der Wärmevertheilung durch die Blutströmung entbehrt; und innerhalb ihrer selbst wird wahrscheinlich das Stratum corneum schlechter leiten, als die tieferen Zellschichten. In dieses Wärmegefälle eingeschaltet hat man sich nun die Schicht der Nervenendigungen zu denken, welche eine so geringe Dicke haben wird, dass wir sie bei einer physikalischen Erörterung wohl als eine Ebene betrachten dürfen. Ihre Lage setze ich an die Grenze zwischen Ober- und Lederhaut.

Wir haben davon auszugehen, dass dieser Wärmestrom sich im stationären Zustande befindet, d. h. die von der Hautoberfläche durch Strahlung, Leitung und Verdunstung abgegebene Wärmemenge in continuirlichem Fluss von innen her ersetzt wird. Hierbei bleibt die Eigen-

temperatur der verschiedenen Schichten in jedem Zeitmoment die gleiche. Die Frage geht nun dahin, in welcher Weise die Eigentemperatur der Endorganschicht sich ändert, sobald auf die äussere Oberfläche der Haut eine höhere oder niedrigere Temperatur einwirkt. Daraus lässt sich folgende Aufgabe formuliren: Ein Stab von der Länge l ist gegeben, dessen eines Ende constant die Bluttemperatur B, dessen anderes Ende im Anfangszustand die Hautoberflächentemperatur H besitzt. Es möge nun zunächst der Einfachheit halber angenommen werden, das Wärmeleitungsvermögen k, die Dichtigkeit D und die specifische Wärme C seien in den verschiedenen Hautschichten gleich, so dass also ein gleichmässiges Wärmegefälle vorhanden ist. In der Entfernung x vom H-Ende des Stabes befinde sich die Ebene, deren Temperaturveränderung zu untersuchen ist, wenn auf dieses H-Ende die Reiztemperatur R einwirkt, welche während der Zeit ihrer Einwirkung als constant zu betrachten ist.

Diese Temperatur T der x-Schicht hat folgenden Bedingungen zu genügen:

1. $\gamma^2 \frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{d T}{dt}$, worin γ^2 das Verhältniss der Wärmeleitungsfähigkeit zur Dichtigkeit und specifischen Wärme: $\frac{k}{D\,C}$ bezeichnet. Dieser Ausdruck entspricht der Wärmebewegung für den Fall, dass von der seitlichen Ausbreitung der Wärme abgesehen wird. Da der Dicke des Stabes keine Grenzen gesetzt sind, die Länge desselben aber, und speciell bis zur x-Schicht, relativ gering sein wird, so kann die etwaige Verbreitung der Wärme über die Peripherie des Stabquerschnittes hinaus, d. h. ihre seitliche Verbreitung in der Haut ausser Betracht bleiben.

2. An der Stelle $x = O$ muss jederzeit $k \frac{d\,T}{d\,x} = h\,(T - R)$ sein, wo h die Constante des äusseren Wärmeleitungsvermögens darstellt. Dieselbe ist einmal von der Beschaffenheit der Hautoberfläche, ferner von derjenigen des reizgebenden Objectes, als welches wir Metall annehmen wollen, abhängig. Da h jedenfalls gegenüber k als sehr gross anzunehmen ist, so kann der genannten Bedingung ohne erheblichen Einfluss auf das Resultat die einfachere $T = R$ substituirt werden, d. h. wir nehmen an, dass die an das Metall angrenzende Hautoberfläche die Metalltemperatur annimmt.

3. Für $x = l$ soll beständig $T = B$ sein.

4. Im Anfangszustand ($t = 0$) soll $T = a\,x + b$ sein, wo $a = \frac{B - H}{l}$, $b = H$ ist. Denn da der Anfangszustand als stationär vorausgesetzt wird, so ergiebt sich nach Gl. 1 aus $\frac{d\,T}{dt} = 0$, dass $\frac{d^2\,T}{d\,x^2} = 0$ und somit $T = a\,x$

$+ b$; ferner die Gleichung 3. $B = a\, l + b$; und endlich die Bedingung, dass für $x = o$ $T = H$ sein muss, dass $b = H$ zu setzen ist.

Man bildet nun nach bekannten Methoden leicht eine Function, welche den Bedingungen 1. und 2. genügt:

$$T = \sum_{\gamma} e^{-\gamma^2 \lambda^2 t} a_\lambda \sin \lambda x + \beta x + R,$$

wo die Grössen λ, a_λ, β noch beliebig und weiterhin zu bestimmen sind. Die Bedingung 3. erfordert, dass $\sin \lambda l$ verschwinden muss, da sonst T nicht von t unabhängig werden könnte; es muss daher $\lambda l = n\pi$ genommen werden, wo n jede ganze Zahl bedeutet. Ausserdem ergiebt sich $\beta l + R = B$, wodurch β bestimmt ist. Für $t = 0$ haben wir jetzt:

$$T = \sum_{n} a_n \sin \frac{n\pi x}{l} + \frac{B - R}{l} \cdot x + R,$$

folglich wegen 4.:

$$\sum_{n} a_n \sin \frac{n\pi x}{l} = (H - R) \left(1 - \frac{x}{l}\right),$$

welche Gleichung für alle Werthe von x zwischen 0 und l gelten muss. Vergleicht man damit die bekannte Fourier'sche Reihe

$$\sum_{n} \frac{1}{n} \sin n\pi x = \frac{\pi}{2} (1 - x),$$

solange x zwischen 0 und 2 liegt, so erhellt, dass man nur $a_n = \frac{2}{\pi n} (H - R)$ und für x $\frac{x}{l}$ zu setzen braucht, um die Bedingung 4. zu erfüllen. Man erhält demnach für jede Zeit t und jedes x:

$$T = R + (B - R) \frac{x}{l} + \frac{2}{\pi} (H - R) \sum_{1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin \frac{n\pi x}{l} \cdot e^{\frac{-n^2 \gamma^2 \pi^2 t}{l^2}}.$$

Diese Function ist die einzige stetige, welche den Bedingungen genügt. Denn wäre T' eine Function, welche denselben Bedingungen 1. bis 4. entspräche, so lässt sich beweisen, dass $T - T' = 0$, also T mit T' identisch sein muss.

Setzt man in diesem Ausdruck $t = \infty$, so schrumpft derselbe zusammen auf:

$$T_\infty = R + (B - R) \frac{x}{l},$$

und da bei der Anfangsvertheilung im stationären Zustande die Temperatur T der fraglichen Schicht $T_0 = H + (B - H) \frac{x}{l}$ ist, so geht daraus hervor, dass nach unendlich langer Zeit ein neuer stationärer Zustand eingetreten ist, wobei R an Stelle von H steht, dass also mit

der Dauer der Berührung die Temperaturvertheilung einem neuen, aus R und B resultirenden stationären Zustande zustrebt.

Der *Betrag*, um welchen die Temperatur der x-Schicht in der Zeit t zunimmt, d. h. die *Erwärmung*, wird durch Abzug der Anfangstemperatur T_0 von T_t gefunden:

$$= (R - H)\left\{1 - \frac{x}{l} - \frac{2}{\pi}\sum_{1}^{\infty}\frac{1}{n}\sin\frac{n\pi x}{l}\cdot e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{l^2}}\right\}.$$

Hieraus geht hervor, dass die *Erwärmung* proportional der Differenz zwischen Reiz- und Hauttemperatur, d. h. der *Reizstärke*, sowie unabhängig von der *Bluttemperatur* ist. Dagegen besteht keine *einfache* Beziehung zur Zeit.

Bezüglich der *Geschwindigkeit*, mit welcher die Temperatur der x-Schicht zunimmt, ergiebt sich durch Differentiation der obigen Formel:

$$v = \frac{dT}{dt} = \frac{2\pi\gamma^2}{l^2}(R - H)\sum_{1}^{\infty}\sin\frac{n\pi x}{l}\cdot e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{l^2}}.$$

Auch die *Geschwindigkeit* ist demnach proportional der Reizstärke.

Für grosse t genügt von dieser Reihe das erste Glied $\sin\frac{\pi x}{l}\cdot e^{-\frac{\gamma^2\pi^2 t}{l^2}}$.

Für kleine t dagegen convergirt die Reihe so langsam, dass sie unbrauchbar wird; in diesem Falle aber lässt sie sich in eine andere, sehr stark convergirende umformen. Aus der bekannten Gleichung

$$\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-a(n+b)^2} = \sqrt{\frac{\pi}{a}}\cdot\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{\pi^2 n^2}{a}}\cos 2nb\pi$$

folgt nämlich durch Differentiation nach b:

$$\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{\pi^2 n^2}{a}}\sin 2nb\pi = \frac{a\sqrt{a}}{\pi\sqrt{\pi}}\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-a(n+b)^2}.(n+b),$$

folglich:

$$\sum_{1}^{\infty} n e^{-n^2\pi^2 a}.\sin nb\pi = \frac{1}{2a\sqrt{a}\pi\sqrt{\pi}}\cdot\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{1}{a}\left(n+\frac{1}{2}b\right)^2}\cdot\left(n+\frac{1}{2}b\right)$$

und daher

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(R - H)}{2\gamma\sqrt{\pi}t\sqrt{t}}\cdot\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(x+2nl)^2}{4\gamma^2 t}}\cdot(x + 2nl).$$

Die grössten Glieder der Reihe sind

$$e^{-\frac{x^2}{4\gamma^2 t}}.x - e^{-\frac{(2l-x)^2}{4\gamma^2 t}}.(2l-x) + e^{-\frac{(2l+x)^2}{4\gamma^2 t}}.(2l+x).$$

Da sich nun $e^{-\frac{(2l-x)^2}{4\gamma^2 t}} : e^{-\frac{x^2}{4\gamma^2 t}}$ verhält wie $e^{-\frac{l(l-x)}{\gamma^2 t}} : 1$, so sind bei kleinen t alle Glieder der Reihe gegen das erste verschwindend klein und daher zu vernachlässigen, — es sei denn, dass $(l—x)$ selbst sehr klein sei (s. unten). Wir haben also, falls $\frac{x}{l}$ nicht sehr nahe der Einheit, mit grosser Annäherung $v = \frac{(R-H)\, x\,.\, e^{-\frac{x^2}{4\gamma^2 t}}}{2\sqrt{\pi}\,\gamma\, t\sqrt{t}}$.

Ist l im Verhältniss zu x sehr gross, so wird diese Formel nicht blos annäherungsweise, sondern streng richtig.

Berechnet man, für welchen Werth von t diese Function v ihr Maximum erreicht, so findet man dies $t = \frac{x^2}{6\gamma^2}$. Die Zeit des Maximums der Geschwindigkeit, mit welcher die Temperatur in der x-Schicht steigt oder sinkt, ist demnach lediglich von der Tiefe der Schicht und den physikalischen Constanten abhängig, demnach an einer gegebenen Hautstelle für alle Reizstärken dieselbe. Sie ist umgekehrt proportional der Leitungsfähigkeit k, direct proportional dem Quadrat der Entfernung der Schicht von der Hautoberfläche.

Bezeichnet man diese Zeit des Maximums mit τ, so erhält man für die Geschwindigkeit zur Zeit $n\tau$:

$$v = \frac{3\sqrt{6}\,\gamma^2}{\sqrt{\pi}\,x^2}\,(R-H)\,.\,\frac{e^{-\frac{3}{2n}}}{n\sqrt{n}},$$

also wenn man die Maximalgeschwindigkeit mit V bezeichnet:

$\frac{v}{V} = \frac{e^{\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{n}\right)}}{n\sqrt{n}}$. Hiernach ist für $n = 2$, $\frac{v}{V} = 0{\cdot}75$; für $n = 3$, $\frac{v}{V} = 0{\cdot}52$; für $n = 4$, $\frac{v}{V} = 0{\cdot}38$.

Die umstehende Tabelle giebt für eine Anzahl der n die Werthe von $\frac{v}{V}$ und die Erwärmung selbst, letztere in Theilen der Reizstärke.

Zu dieser Tabelle ist noch zu bemerken: das Verhältniss des grössten der weggelassenen Glieder der Reihe für v zu dem ersten Gliede ist $e^{-\frac{l(l-x)}{\gamma^2 t}}.\frac{(2l-x)}{x}$, also $= e^{-\frac{6l(l-x)}{nx^2}}.\frac{(2l-x)}{x}$. Für $x = \frac{2}{3}\,l$ wird daraus

$2e^{-\frac{9}{2n}}$, also für $n = 1$ nur $\frac{1}{50}$, für $n = 2$ schon $\frac{1}{5}$. Für grössere n ist es daher nicht mehr gestattet, nur das erste Glied beizubehalten und es bleibt in Folge dessen $\frac{v}{V}$ nicht mehr von n allein abhängig, sondern ausserdem von x. Es ist nun in der Tabelle die Annahme $x = \frac{l}{5}$ zu Grunde

n	$\frac{v}{V}$	Erwärmung / Reizstärke
0·1	0·00004	0·00000004
0·2	0·03	0·0004
0·3	0·18	0·0016
0·4	0·42	0·0062
0·5	0·63	0·0143
0·6	0·79	0·0254
0·7	0·90	0·0384
0·8	0·96	0·0529
0·9	0·99	0·0679
1·0	1	0·0832
1·2	0·98	0·1138
1·4	0·93	0·1432
1·6	0·87	0·1709
1·8	0·81	0·1966
2·0	0·75	0·2206
3	0·52	0·317
4	0·38	0·387
5	0·30	0·438
6	0·24	0·480
7	0·19	0·513
8	0·16	0·540
9	0·14	0·564
10	0·12	0·584
20	0·05	0·697
30	0·02	0·748
40	0·01	0·776
50	0·006	0·786
100	0·00024	0·7995
∞	0	0·8

gelegt. Jedoch bleibt zu beachten, dass aus dem angeführten Grunde der erste Theil derselben, etwa bis $n = 2$ von dieser Annahme wesentlich unabhängig ist. Auch in ihrem zweiten Theile giebt die Tabelle



Fig. 3.

für alle Fälle wenigstens ein ungefähres Bild von den Beziehungen der Geschwindigkeit und Erwärmung zur Reizdauer. Die beistehende Curve (Fig. 3) giebt eine graphische Darstellung der Verhältnisse. Die Ordinaten

sind dabei den Geschwindigkeiten, die Flächen den Erwärmungen proportional. Die Abscisse stellt die Zeit dar. Bemerkenswerth ist, dass die Stellen des Krümmungswechsels bei $n = 0 \cdot 37$ und $n = 1 \cdot 63$, also je gleich weit von dem Maximum der Geschwindigkeit $n = 1$ liegen. Wenn γ^2 und die Länge von x bekannt wäre, so könnte man mit Hülfe der Tabelle leicht den Grad der Erwärmung oder Abkühlung bestimmen, welchen die x-Schicht bis zu dem Moment erleidet, wo eine Empfindung ausgelöst wird. Die betreffende Zeit liesse sich aus den Reactionszeiten auswerthen, während die Zeit τ, nach welcher das Maximum der Erwärmung eintritt, durch x und γ gegeben ist. Das Verhältniss jener Zeit zu dieser giebt uns n und damit den Betrag der Erwärmung in Theilen der Reizstärke.

Es war bisher (S. 359) angenommen, dass $\frac{x}{l}$ nicht der 1 sich nähert; jetzt soll nun dieser Fall betrachtet werden. Setzt man $x = l.\ (1 - \varepsilon)$, so lautet die Formel für v:

$$v = \frac{(R - H) \cdot l}{2\gamma\sqrt{\pi}\, t\, \sqrt{t}} \cdot \sum_u e^{-\frac{l^2}{4\gamma^2 t}(u-\varepsilon)^2} \cdot (u - \varepsilon),$$

wo u alle positiven und negativen ungeraden Zahlen zu durchlaufen hat. Fasst man je zwei Glieder mit $+ u$ und $- u$ zusammen, so erhält man, da unter der Voraussetzung, dass ε eine kleine Grösse ist, $e^{-a(u-\varepsilon)^2} \cdot (u - \varepsilon) - e^{a(u+\varepsilon)^2} \cdot (u + \varepsilon) = - 2\, \varepsilon\, e^{-a u^2} (1 - 2\, a u^2)$ ist,

$$v = \frac{(R - H) \cdot \varepsilon \cdot l}{\gamma\sqrt{\pi}\ t\ \sqrt{t}} \sum_u e^{-\frac{l^2 u^2}{4\gamma^2 t}} \cdot \left(\frac{l^2 u^2}{2\gamma^2 t} - 1\right),$$

wo u alle positiven ungeraden Zahlen durchläuft. Diese Reihe lässt sich in die folgende umformen:

$$v = (R - H) \cdot \frac{2\,\varepsilon\,\pi^2\,\gamma^2}{l^2} \cdot \sum_1^\infty (-1)^{n+1}\, n^2\, e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{l^2}}$$

und daher ist

$$\frac{dv}{dt} = (R - H) \cdot \frac{2\,\varepsilon\,\pi^4\,\gamma^4}{l^4} \cdot \sum_1^\infty (-1)^n\, n^4\, e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{l^2}}.$$

Die Zeit τ der Maximalgeschwindigkeit ist demnach aus der Gleichung zu bestimmen:

$$o = e^{-\frac{\gamma^2\pi^2 t}{l^2}} - 16 \cdot e^{-\frac{4\gamma^2\pi^2 t}{l^2}} + 81\, e^{-\frac{9\gamma^2\pi^2 t}{l^2}} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$$

Hieraus ergiebt sich, am besten mit Hülfe der Theorie der elliptischen Functionen, $e^{-\frac{\gamma^2 \pi^2 t}{l^2}} = 0 \cdot 404$ und folglich $\tau = 0 \cdot 092 \frac{l^2}{\gamma^2}$.

Dieser Ausdruck gilt also für solche Schichten, welche sehr nahe an l herankommen. Die Verschiedenheit der Entfernungen von l ist somit in diesem Falle nicht mehr bestimmend für die Zeit, nach welcher die Geschwindigkeit culminirt. Denkt man sich in dem Stabe von 0 bis l in gleichen Abständen 10 Schichten, von denen jede einem x entsprechen soll, so bestimmen sich die verschiedenen τ, nach welchen in jeder Schicht die Geschwindigkeit culminirt, etwa bis zur 7. Schicht nach der obigen Beziehung: $\tau = \frac{x^2}{6\gamma^2}$, von da ab bis l nach der letzten: $\tau = 0 \cdot 092 \frac{l^2}{\gamma^2}$. Hiernach werden sich die τ der verschiedenen angenommenen Schichten zu einander verhalten wie 1 : 4 : 9 : 16 : 25 : 36 : 49 : 54 : 54 : 54.

Je dicker die Oberhaut ist, desto länger dauert es, ehe die Geschwindigkeit der Temperaturveränderung ihr Maximum erreicht. Wenn die physikalische Constante γ^2 bekannt wäre, würde man leicht entscheiden können, ob das Maximum der Geschwindigkeit zum Schwellenwerth der Empfindung oder etwa zu der Zeit, nach welcher das Maximum der Empfindung stattfindet, in Beziehung steht. Allein beides ist unwahrscheinlich; denn sowohl die Schwelle der Empfindung wie das Maximum derselben hat sich abhängig von der Reizstärke gezeigt, während die Zeit, nach welcher die Geschwindigkeit der Erwärmung bez. Abkühlung ihr Maximum erreicht, von der Reizstärke unabhängig ist.

Für die gesammte Betrachtung ist es gleichgültig, ob R grösser oder kleiner als H ist. Daher gilt alles für Erwärmung und Abkühlung in gleicher Weise. In den physikalischen Vorgängen kann daher auch ein Grund für die Verschiedenheiten der Reactionszeiten nicht gesucht werden.

Man könnte den zur Auslösung einer Temperaturempfindung nöthigen Betrag von Erwärmung und Abkühlung der x-Schicht mit Umgehung der physikalischen Constanten ermitteln, wenn es gelänge, für einige verschieden grosse Reize die Zeiten genau festzustellen, nach welchen dieser Betrag den Schwellenwerth erreicht. Sei letzterer ε genannt — welches als sehr klein zu denken ist — so findet man nämlich, wenn δ und δ_1 Reize, t und t_1 die zugehörigen Zeiten sind: $\varepsilon = \frac{\frac{1}{\sqrt{\pi}} \sqrt[t-t_1]{\frac{\delta^t}{\delta_1^{t_1}}}}{\sqrt{\frac{t_1 \log \delta_1 - t \log \delta}{t - t_1}}}$.

Für drei Beobachtungen wird $\log \delta \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2}\right) + \log \delta_1 \left(\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t}\right) + \log \delta_2 \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{t_1}\right) = 0$,

woraus folgt, dass wenn $\log \delta$, $\log \delta_1$, $\log \delta_2$ eine arithmetische Progression bilden, auch $\frac{1}{t}$, $\frac{1}{t_1}$, $\frac{1}{t_2}$ eine solche bilden müssen. Es ist jedoch bei dahin gerichteten Reactionsversuchen nicht gelungen, Resultate zu erhalten, welche eine genügend scharfe Auswerthung der für den Schwellenwerth erforderlichen Zeiten ermöglichten.

Es möge nun der der Wirklichkeit näher kommende Fall untersucht werden, dass die Wärmeleitungsfähigkeit im Gebiete der Oberhaut eine andere ist als im Gebiete der Lederhaut. Es seien von $x = 0$ bis $x = \lambda$ die Leitungsfähigkeit k, die specifische Wärme C, die Dichtigkeit D; von $x = \lambda$ bis $x = l$ diese Grössen bez. k', C', D', und wie vorher $\gamma^2 = \frac{k}{Dc}$, $\gamma'^2 = \frac{k'}{D'C'}$. Heisse T die Temperatur zur Zeit t von $x = 0$ bis $x = \lambda$ und U von $x = \lambda$ bis $x = l$, so haben diese Functionen T und U den folgenden Bedingungen zu genügen:

$$1.\quad \gamma^2 \frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{dT}{dt}$$

$$2.\quad \gamma'^2 \frac{d^2 U}{dx^2} = \frac{dU}{dt}$$

$$3.\ \text{für } x = 0 \quad T = R.$$

$$4.\ \text{für } x = l \quad U = B.$$

Da die in der Zeit dt in der Richtung der wachsenden x durch den Querschnitt q fliessende Wärmemenge $= - kq \frac{dT}{dx} dt$ ist, so muss an der Stelle λ, welche als gemeinschaftliche Grenze zweier Stäbe anzusehen ist,

$$5.\quad k \frac{dT}{dx} = k' \frac{dU}{dx} \text{ sein.}$$

Für den am Anfang vorausgesetzten stationären Zustand folgt aus 1. wegen $\frac{dT}{dt} = 0$ $T = ax + b$; ebenso aus 2. $U = a'x + b'$, wo durch die Bedingung, dass für $x = 0$ $T = H$ sein muss, die Constante $b = H$, und durch die Bedingung, dass für $x = l$ $U = B$ sein muss, $b' = B - a' l$ gefunden wird; ferner ergiebt die Bedingung 5. $k a = k' a'$. Demnach ist

$$6.\quad \text{für } t = o \quad T = H + ax \text{ und}$$

$$7.\quad \text{für } t = o \quad U = B + \frac{ak}{k'}(x - l).$$

Die Constante a bleibt willkürlich. Sie ist in der That durch die gegebenen Bedingungen nicht bestimmbar; erst durch die Forderung,

dass das Temperaturgefälle einen stetigen Verlauf nehmen, also an der Stelle $x = \lambda$ $T = U$ sein solle, würde sie bestimmt sein und zwar $= \dfrac{B - H}{\lambda + \frac{k}{k'}(l - \lambda)}$.

Wir gehen sogleich von der Annahme der Functionen T und U in der folgenden Form aus, welche wir oben als geeignet zur Erfüllung der gegebenen Bedingungen fanden:

$$T = g \sum_1^\infty \frac{e^{-n^2 \gamma^2 \alpha^2 t}}{n} \cdot \sin n \alpha x + \varrho x + R$$

$$U = h \sum_1^\infty \frac{e^{-n^2 \gamma'^2 \beta^2 t}}{n} \cdot \sin n (\beta x + \delta) + \sigma (l - x) + B.$$

Hierdurch sind bereits die Bedingungen 1. 2. 3. erfüllt. Zur Erfüllung von 4. ist noch erforderlich, dass $\beta l + \delta = m\pi$, wo m eine ganze Zahl; g, α, ϱ, h, β, σ, m sind noch zu bestimmende Constanten.

Die Bedingung 5. ergiebt die Gleichung:

$$k \alpha g \sum_1^\infty e^{-n^2 \gamma^2 \alpha^2 t} \cos n \alpha \lambda + \varrho k = k' h \beta \sum_1^\infty e^{-n^2 \gamma'^2 \beta^2 t} \cos n (\beta \lambda + \delta) - \sigma k'.$$

Um dieselbe für jedes t zu befriedigen, muss $\gamma \alpha = \gamma' \beta$, $\varrho k = - \sigma k'$, $k \alpha g = k' h \beta$ sein, und ausserdem $\cos \alpha \lambda = \cos (\beta \lambda + \delta)$. Den ersten drei Gleichungen wird genügt, indem wir setzen:

$\alpha = p \gamma'$, $\beta = p \gamma$, $\varrho = q k'$, $\sigma = - q k$, $g = r k' \gamma$, $h = r k \gamma'$

wo p, q, r beliebig. Die Bedingung 6. giebt jetzt: Es soll

$$\sum_1^\infty \frac{\sin n p \gamma' x}{n} = \frac{H - R + (a - q k') x}{r k' \gamma}$$

sein für alle x zwischen 0 und λ. Es ist aber (s. obige Fourier'sche Reihe)

$$\sum_1^\infty \frac{\sin n x}{n} = \frac{\pi - x}{2},$$

wenn x zwischen 0 und 2π liegt; daher

$$\sum_1^\infty \sin \frac{n p \gamma' x}{n} = \frac{\pi - p \gamma' x}{2},$$

wenn x zwischen 0 und $\frac{2\pi}{p\gamma'}$ liegt. Daraus ergiebt sich $\frac{H - R}{r k' \gamma} = \frac{\pi}{2}$ und $\frac{a - q k'}{r k' \gamma} = - \frac{p \gamma'}{2}$, sowie dass $p \lambda \gamma' < 2\pi$ (da p offenbar als positiv vorausgesetzt werden kann). Die Bedingung 7. endlich liefert: Es soll sein

$$\sum_1^\infty \frac{1}{n} \sin n (m\pi + p \gamma x - p \gamma l) = \frac{\gamma p}{2} (l - x),$$

wenn x zwischen λ und l liegt. Setzt man $p\gamma(l-x) = \xi$, so muss also

$$\sum_1^\infty \frac{1}{n} \sin n(m\pi - \xi) = \frac{\xi}{2}$$

sein, wenn ξ zwischen 0 und $p\gamma\ (l-\lambda)$ liegt. Hieraus folgt durch Vergleichung mit der mehrfach genannten Fourier'schen Reihe, dass $m = 1$ und $p\ (l-\lambda)\ \gamma < \pi$ sein muss. Die oben gefundene Gleichung $\cos a\lambda = \cos(\beta\lambda + \delta)$ geht jetzt über in $\cos p\gamma'\lambda = -\cos p\gamma\ (l-\lambda)$, woraus wegen der Bedingungen $p\gamma'\lambda < 2\pi$ und $p\gamma\ (l-\lambda) < \pi$ folgt, dass $p\gamma'\lambda \pm p\gamma\ (l-\lambda) = \pi$. Bezeichnet somit ε eine der beiden Zahlen $+1, -1$, so haben wir $p = \frac{\pi}{\gamma'\lambda + \varepsilon\gamma(l-\lambda)}$, oder, wenn wir zur Abkürzung $\lambda + \varepsilon\frac{\gamma}{\gamma'}(l-\lambda) = L$ setzen: $p = \frac{\pi}{\gamma' L}$.

Wir haben jetzt:

$$T = \frac{2}{\pi}(H-R)\sum_1^\infty \frac{e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{L^2}}}{n} \cdot \sin\frac{n\pi x}{L} + x\left(a + \frac{H-R}{L}\right) + R$$

$$U = \frac{2}{\pi}(H-R)\frac{k\gamma'}{k'\gamma}\sum_1^\infty \frac{e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{L^2}}}{n} \cdot (-1)^n \cdot \sin\frac{n\pi x}{L\gamma'}(x-l) +$$

$$\frac{k}{k'}(x-l)\left(a + \frac{H-R}{L}\right) + B.$$

Diese Functionen genügen in der That den Bedingungen 1. bis 7., sowohl wenn die in L vorkommende Grösse $\varepsilon = +1$, als wenn sie $= -1$ ist. Aus den beiden für p gefundenen Beschränkungen: $p\gamma'\lambda < 2\pi$ und $p\gamma\ (l-\lambda) < \pi$ erwachsen aber für L folgende Beschränkungen: $L > \frac{1}{2}\lambda$ und $L > \frac{\gamma}{\gamma'}(l-\lambda)$, welche beiden leicht zu vereinigen sind in die eine: $\lambda > \frac{\gamma}{\gamma'}(l-\lambda)\ (1-\varepsilon)$. Für $\varepsilon = +1$ nun ist diese Bedingung immer von selbst erfüllt; für $\varepsilon = -1$ dagegen legt sie den Grössen $\lambda, l, \gamma, \gamma'$ die Beschränkung auf, dass $\frac{\lambda}{l-\lambda} > \frac{2\gamma}{\gamma'}$ sei. Die Lösung mit $\varepsilon = +1$ ist also allgemein, die mit $\varepsilon = -1$ nicht. Die erstere entspricht aber auch der Anforderung, dass die Darstellung der Temperaturfunction für zwei verschiedene Leitungsfähigkeiten durch stetigen Uebergang aus derjenigen für eine einzige Leitungsfähigkeit hervorgehe. Denn setzen wir $L = \lambda + \frac{\gamma}{\gamma'}(l-\lambda)$, so geht für $\gamma = \gamma'$ L in l über und wir erhalten so im Falle $k = k'$, $\gamma = \gamma'$:

$$T = \frac{2}{\pi}(H-R)\sum_1^\infty \frac{e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{l^2}}}{n} . \sin\frac{n\pi x}{l} + x\left(\frac{B-R}{l}\right) + R$$

$$U = \frac{2}{\pi}(H-R)\sum_1^\infty \frac{e}{n}^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{l^2}} . \sin\frac{n\pi x}{l} + x . \left(\frac{B-R}{l}\right) + R,$$

wobei $a = \dfrac{B-H}{\lambda + \frac{k}{k'}(l-\lambda)} = \dfrac{B-H}{l}$ gesetzt wurde (s. oben). Also $T = U =$ der Eingangs unter der Annahme eines einzigen k gefundenen Function (S. 357).

Für $x = \lambda$, d. h. die in Frage kommende Endorganschicht, erhalten wir:

$$T = \frac{2}{\pi}(H-R)\sum_1^\infty \frac{e}{n}^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{L^2}} \cdot \sin\frac{n\pi\lambda}{L} + \left(a + \frac{H}{L}\right)\lambda + \frac{\gamma(l-\lambda)}{\gamma' L} \cdot R.$$

Demnach für die Erwärmung dieser Stelle:

$$\frac{2}{\pi}(H-R)\sum_1 \frac{e}{n}^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{L^2}} \cdot \sin\frac{n\pi\lambda}{L} + \frac{(R-H)\gamma(l-\lambda)}{\gamma' L}$$

oder auch:

$$(R-H)\left\{1 - \frac{\lambda}{L} - \frac{2}{\pi}\sum_1^\infty \frac{\sin\frac{n\pi\lambda}{L}}{n} e^{-\frac{n^2\gamma^2\pi^2 t}{L^2}}\right\}.$$

Vergleicht man hiermit die S. 358 für die Annahme eines einfachen k gefundene Formel für die Erwärmung der x-Schicht, so ergiebt sich das einfache Resultat, dass die Beziehungen des Temperaturzuwachses zum Anfangszustand, zu den physikalischen Constanten und der Reiztemperatur hier dieselben sind wie dort, denn man braucht nur in jenem Ausdruck überall L statt l und λ statt x einzusetzen, um ihn in den jetzt gefundenen überzuführen. Ebenso gelten für den jetzt behandelten Fall alle früher gezogenen Folgerungen über die Geschwindigkeit. Der Vorgang in der Grenzschicht λ der beiden qualitativ verschiedenen Stäbe verläuft so, als ob dieselbe eine Querebene in einem Stabe von gleichförmigem k (und γ) vorstellt, dessen Länge jedoch nicht der Summe der reellen Längen der beiden Stäbe entspricht, sondern sich aus dem Verhältniss der physikalischen Constanten in der Art bestimmt, wie es der Ausdruck $\lambda + \frac{\gamma}{\gamma'}(l-\lambda)$ zeigt.

Wird γ', welches jedenfalls $> \gamma$, im Verhältniss zu letzterem sehr gross, so wird L wenig mehr als λ, die Wärmebewegung verläuft dann, als wenn in dem virtuellen Stabe gleich hinter λ Bluttemperatur herrschte. Es wird somit dann für die Zeit des Maximums der Geschwindigkeit die S. 362 entwickelte Formel $\tau = 0{,}092\,\frac{l^2}{\gamma^2}$ in Anwendung kommen.

Stetig wird die Temperaturfunction an der Grenzebene x nicht, d. h. T wird nicht $= U$, selbst wenn im Anfangszustand Stetigkeit vorhanden ist. Der Berechnung ist ein Verhältniss supponirt, etwa derart, dass dort, wo die beiden Stäbe aneinander grenzen, eine unendlich dünne, diathermane, aber sehr schlecht leitende Schicht eingeschaltet ist, durch welche hindurch die beiden Grenzflächen gegen einander Wärmestrahlen austauschen. Natürlich wird in Wirklichkeit ein stetiger Uebergang der Temperaturfunction bestehen, indem die physikalische Constante γ^2 keine plötzlichen Sprünge, sondern ebenfalls allmälige Uebergänge zeigen wird. Es werden also an der Grenze der beiden Medien von differenten physikalischen Eigenschaften sich eine Reihe von beliebig fein zu denkenden Schichten einschieben, welche einen Uebergang vermitteln. Immerhin kann derselbe für endliche Maasse wohl ein ziemlich scharfer sein. Man könnte daran denken, dass die Einlagerung der Nervenendorganschicht zwischen die beiden differenten Medien nicht ohne Bedeutung für die erregende Wirkung der Temperaturreize sein möchte, insofern die in das Grenzgebiet fallenden Nerventheile ihre Eigentemperatur in erheblich anderer Weise ändern werden als die innerhalb der besser leitenden Lederhaut gelegenen Theile und somit im Verlauf der Endtheile der Nerven sich schärfere Temperaturgegensätze bilden werden.

Die Wärmevertheilung in der Lederhaut durch Blutströmung ist ausser Betracht geblieben. Dieselbe wird im Verein mit dem besseren Wärmeleitungsvermögen dieser Hautschicht dahin wirken, das Wärmegefälle innerhalb derselben weniger steil zu machen. Insofern ist ihr Einfluss in den vorangegangenen Suppositionen ($\gamma' > \gamma$) bereits enthalten.

Die Bestimmung der Grösse der Wärmebewegung in der Nervenendorganschicht auf Grund der vorstehenden Rechnungen ist an die Kenntniss der physikalischen Constanten und der Tiefe von x und l gebunden. Setzt man den aus Klug's Angaben zu berechnenden Werth von k ein, unter gleichzeitiger Annahme der relativ wahrscheinlichsten Bedingungen für D, C, H, x, l, so ergeben sich bei der Kleinheit der schon merklichen Reizstärken und der für die Erregung der Nerven aus den Reactionszeiten auszusondernden Zeitwerthe minimale Beträge für den Schwellenwerth des Wärmezuwachses oder -Abganges in der Endorganschicht; jedoch dürften eben die Klug'schen Werthe erheblich zu niedrig gegriffen sein. Es wurde noch auf andere Weise versucht, die Constanten zu ermitteln: die während einer bestimmten Zeit von der gesammten Hautoberfläche abgegebene Wärmemenge muss in derselben Zeit unter dem Einfluss der zwischen dem Innern der Haut und der

Oberfläche bestehenden Temperaturdifferenz durch die Haut geflossen sein; wenn der Betrag der ersteren genau bekannt wäre, könnte man hieraus k bestimmen. Allein auch die neueren Untersuchungen über diesen Gegenstand gewähren keine in dieser Richtung zu verwendenden genügend sicheren und übereinstimmenden Werthangaben.

Die Aufgabe lässt sich auch bei Forderung der Stetigkeit an der Trennungsstelle der beiden Stäbe lösen, nur sind Weg und Resultat bedeutend verwickelter als in den bisher betrachteten Fällen. Bezeichnen wieder λ die Länge, k, γ die Wärmeleitungsconstanten des ersten Stabes, λ', k', γ' die entsprechenden Grössen des zweiten Stabes, T die Temperatur im ersten, T' im zweiten, so haben diese Functionen die folgenden Bedingungen zu erfüllen:

I) $\gamma^2 \frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{dT}{dt}$, II) $\gamma'^2 \frac{d^2 T'}{dx^2} = \frac{dT'}{dt}$, III) für $x = 0$, $T = R$, IV) für $x = l = \lambda + \lambda'$, $T' = B$, V) für $x = \lambda$, $T = T'$, VI) für $x = \lambda$, $k \frac{dT}{dx} = k' \frac{dT'}{dx}$, VII) für $t = 0$, $T = H + \frac{k'(B-H)x}{k\lambda' + \lambda k'}$, VIII) für $t = 0$, $T' = B + \frac{k(B-H)(x-l)}{k\lambda' + \lambda k'}$. Die Bedingungen VII) und VIII) ergeben sich aus der Forderung des stationären Anfangszustandes mit Berücksichtigung der Bedingungen IV), V), VI) und der, dass für $x = 0$ $T = H$ sein soll. Es können hier nur die Resultate angegeben werden:

$$T = R + \frac{(B-R)k'x}{k\lambda' + \lambda k'} + 2(H-R) \sum \frac{\frac{1}{\sigma} e^{-\frac{t\gamma^2\sigma^2}{\lambda^2}} \sin \frac{\sigma x}{\lambda}}{1 + \frac{k\lambda'}{k'\lambda} \cos^2 \sigma + \frac{\gamma^2 k' \lambda'}{\gamma'^2 k \lambda} \sin^2 \sigma}$$

$$T' = B + \frac{(B-R)k(x-l)}{k\lambda' + \lambda k'} + 2(H-R) \sum \frac{\frac{1}{\sigma} e^{-\frac{t\gamma^2\sigma^2}{\lambda^2}} \sin\left(\frac{\sigma(l-x)\gamma}{\lambda\gamma'}\right) \cdot \frac{\sin \sigma}{\sin\left(\frac{\sigma\lambda'\gamma}{\lambda\gamma'}\right)}}{1 + \frac{k\lambda'}{k'\lambda} \cos^2 \sigma + \frac{\gamma^2 k' \lambda'}{\gamma'^2 k \lambda} \sin^2 \sigma}$$

wo sich die Summen auf alle unendlich vielen positiven Grössen σ beziehen, die der Gleichung

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\gamma\lambda'}{\lambda\gamma'}\sigma\right) = -\frac{\gamma k'}{k\gamma'} \operatorname{tg}\sigma \text{ oder auch } \sin\left(\frac{\gamma\lambda' + \lambda\gamma'}{\lambda\gamma'}\right)\sigma = \left(\frac{\gamma k' - k\gamma'}{\gamma k' + k\gamma'}\right) \sin\left(\frac{\gamma\lambda' - \lambda\gamma'}{\lambda\gamma'}\right)\sigma$$

genügen.

Wie man sieht, strebt die Temperatur in unendlich langer Zeit wieder einem stationären Zustande zu, der sich von dem Anfangszustande nur dadurch unterscheidet, dass R an die Stelle von H tritt. An der uns interessirenden Stelle $k = \lambda$ ist

$$T = T' = \frac{Rk\lambda' + Bk'\lambda}{k\lambda' + k'\lambda} + 2(H-R)\sum \frac{\frac{1}{\sigma} e^{-\frac{t\gamma^2\sigma^2}{\lambda^2}} \sin\sigma}{1 + \frac{k\lambda'}{k'\lambda}\cos^2\sigma + \frac{\gamma^2 k'\lambda'}{\gamma'^2 k\lambda}\sin^2\sigma}$$

und da die Anfangstemperatur dort $\frac{Hk\lambda' + Bk'\lambda}{k\lambda' + k'\lambda}$ war, so findet sich die zur Zeit t eingetretene Erwärmung $= (R-H)\left\{\frac{k\lambda'}{k\lambda' + k'\lambda} - 2\Sigma\right\}$, also wieder dem Reiz proportional und von B unabhängig. Dasselbe gilt daher von der Geschwindigkeit der Erwärmung und folglich wird auch hier die Zeit des Eintretens der Maximalgeschwindigkeit vom Reiz und der Temperatur B ganz unabhängig.

Aus den Formeln für T und σ erhellt, dass dieselben unverändert bleiben, wenn die Grössen λ', k', γ' durch $p\lambda'$, pk', $p\gamma'$ ersetzt werden, wo p beliebig ist, d. h. die Temperatur in einem Stabe, an den ein anderer mit den Constanten λ', k', γ' angesetzt ist, hängt lediglich von den gegenseitigen Verhältnissen dieser Constanten ab, nicht aber von ihren absoluten Werthen. Hieran lässt sich eine bemerkenswerthe Folgerung knüpfen: wir multipliciren die Grössen λ', k', γ' mit $\frac{k}{k'}$, so dass sie übergehen in $\frac{\lambda' k}{k'}$, k, $\frac{\gamma' k}{k'}$. Demnach können wir immer dem zweiten Stabe die Constante k des ersten verschaffen; ist nun die Relation $k:k' = \gamma:\gamma'$ erfüllt, so wird auch $\frac{\gamma' k}{k'} = \gamma$ und beide Stäbe besitzen dann dieselben Constanten k, γ, sind mithin als ein einziger zu betrachten und es muss deshalb auch die Formel für T in unsere erste übergehen; in der That erhält man unter der Voraussetzung der Proportion $k:k' = \gamma:\gamma'$ für σ die Gleichung $\sin\left(\frac{\gamma\lambda' + \lambda\gamma'}{\lambda\gamma'}\right)\sigma = 0$, folglich $\sigma = \frac{n\pi\lambda\gamma'}{\gamma\lambda' + \lambda\gamma'}$, wo n alle ganzen Zahlen von 1 an durchläuft, und

$$T = R + (B-R)\frac{x}{L} + \frac{2}{\pi}(H-R)\sum_{1}^{\infty}\frac{1}{n} e^{-\frac{n^2\pi^2\gamma^2 t}{L^2}} \sin\frac{n\pi x}{L}, \text{ wo } L = \lambda + \frac{\lambda'\gamma}{\gamma'}.$$

Dies Resultat deckt sich vollständig mit dem unter Voraussetzung der Unstetigkeit erhaltenen und zwar ergiebt sich, dass in dem besonderen Falle $k:k' = \gamma:\gamma'$ und nur in diesem die Unstetigkeit jener Lösung verschwindet, falls man der dort auftretenden willkürlichen Grösse a den einem stetigen Anfangszustande entsprechenden Werth $\frac{B-H}{L}$ ertheilt.

Die transscendente Gleichung für σ kann nicht aufgelöst werden, weil wir die numerischen Werthe der Constanten nicht besitzen und

nur unter besonderen Annahmen, wie der soeben erwähnten, dass $k:k' = \gamma:\gamma'$, lässt sich diese Schwierigkeit heben.

Allein es existirt ein sehr allgemeiner Fall, in welchem es gelingt, ein übersichtliches Gesetz der Temperatur zu erkennen, und dieser entspricht gerade den thatsächlichen Verhältnissen, nämlich der Fall, dass die Länge λ' des zweiten Stabes sehr gross sei im Verhältniss zur Länge λ des ersten Stabes. Unter dieser Annahme lässt sich für die Erwärmung an der Stelle λ die einfache Formel ableiten:

$$\frac{(R-H)\cdot 4k\gamma'}{\sqrt{\pi}(k\gamma'+k'\gamma)}\cdot\sum_0^\infty\left(\frac{\gamma k'-\gamma' k}{\gamma k'+\gamma' k}\right)^n\int_{\frac{(2n+1)\lambda}{2\gamma\sqrt{t}}}^\infty e^{-x^2}dx,$$

(für das hier vorkommende Integral existiren Tabellen behufs numerischer Berechnung). Für kleine Zeiten t genügt nun schon mit sehr grosser Annäherung das erste Glied dieser Reihe, so dass wir das Resultat erhalten: Unter Voraussetzung grosser λ' und kleiner t befolgt die Erwärmung an der Stelle λ das Gesetz:

$$\frac{(R-H)\cdot 4k\gamma'}{\sqrt{\pi}(k\gamma'+k'\gamma)}\int_{\frac{\lambda}{2\gamma\sqrt{t}}}^\infty e^{-x^2}dx.$$

Daraus ergiebt sich für die Geschwindigkeit der Erwärmung die Formel

$$\frac{(R-H)\cdot k\gamma'\lambda e^{-\frac{\lambda^2}{4\gamma^2 t}}}{\sqrt{\pi}\gamma(k\gamma'+k'\gamma)t\sqrt{t}},$$

mithin dasselbe Resultat wie bei der ersten Untersuchung unter Annahme eines einzigen Stabes, nur mit Hinzufügung des Factors $\frac{2k\gamma'}{k\gamma'+k'\gamma}$. Alle früher aus dieser Formel gezogenen Folgerungen und Tabellen gelten also auch hier, vor allem der Satz, dass die Zeit des Eintretens der Maximalgeschwindigkeit $\frac{\lambda^2}{6\gamma^2}$ beträgt; und nur die absoluten Beträge der Erwärmung sind hier mit $\frac{2}{1+\frac{k'\gamma}{k\gamma'}}$ zu multipliziren.

Dasselbe Resultat für sehr kleine Zeiten findet sich auch unter den Annahmen $\frac{\gamma}{\gamma'}=\frac{\lambda}{\lambda'}$; $\frac{\gamma}{\gamma'}=\frac{2\lambda}{\lambda'}$; $\frac{\gamma}{\gamma'}=\frac{3\lambda}{\lambda'}$, und endlich lässt sich überhaupt allgemein zeigen, dass, wofern nur $\frac{\gamma}{\gamma'}$ zu $\frac{\lambda}{\lambda'}$ in einem rationalen Verhältniss steht, die Sätze über die Geschwindigkeit gültig bleiben. Hieraus folgt offenbar aus Rücksicht auf Continuität ihre allgemeine Gültigkeit bei beliebigen k', λ', γ'.

16.

Bemerkungen über einen Fall von Riesenwuchs.

Archiv für Anatomie und Physiologie. 1889. Physiologische Abtheilung.

Der 19jährige H. N., Glasschleifer, aus Schreiberhau im Riesengebirge stammend, zeigt die umstehend sichtbare Missbildung der linken Hand. Der Daumen und Zeigefinger, der Daumenballen und entsprechende Theil des Handrückens sind von auffallend grossen Dimensionen; zugleich ist der Zeigefinger stark nach der ulnaren Seite hin gekrümmt, so dass er sich bei zwangloser Haltung der Hand über den dritten und vierten Finger hinüberlegt. Das Handgelenk und der Unterarm zeigt gleichfalls eine Vergrösserung seines radialen Theiles. In geringerem Maasse, jedoch noch deutlich erkennbar, ist der Oberarm an seiner Vola und die Schultergegend betheiligt.

Es handelt sich um sogenannten „Riesenwuchs". Die Anomalie wurde schon in der ersten Lebenszeit des Mannes bemerkt und ist mit dem Wachsthum des sonst wohlgebildeten Körpers fortgeschritten, ohne jemals Beschwerden zu verursachen. Der Träger derselben kann sein Gewerbe ohne Störung verrichten und gehört einem Turnvereine an.[1])

Die am Arm hervortretende Massenvermehrung (vgl. Fig. 4) besteht hauptsächlich aus Lipomen, was bei Fällen von Riesenwuchs eine ge-

---

[1]) Erst kürzlich erfuhr ich, dass der Mann, welcher mir dies verschwiegen hatte, bereits von Herrn Dr. Schoetz entdeckt und in der Berliner medicinischen Gesellschaft vorgestellt war. Da die pathologische Bildung an sich mich nicht zur Veröffentlichung veranlasst, besonders in diesem Archiv, und die zu besprechenden physiologischen Fragen durch die schon geschehene Beschreibung des Falles nicht tangirt werden, so glaube ich mich, im Einverständniss mit dem genannten Herrn Autor, nicht veranlasst, die Mittheilung zurückziehen zu sollen. Jedoch werde ich die genauere Angabe der Maasse aus diesem Grunde unterlassen.

wöhnliche Erscheinung ist. Dagegen sind an der Hand auch die Knochen verdickt und verlängert. Die Haut an der befallenen Partie der Hand bietet ein verändertes Aussehen: die feinen Furchen, welche die Haut, besonders des Handrückens, in unzählige Felder theilen, sind dort flacher, die Felder weniger prominent, glatter und grösser als rechts. Am Daumenballen und an der Vola des Daumens und Zeigefingers erscheinen die Epidermisriffe verbreitert. Beim Befühlen erweist sich die Haut des Daumenballens und der Vola des Daumens dicker und resistenter als rechts, während sie sich an der entsprechenden Dorsalfläche der Mittelhand und derjenigen der Finger in ebenso feinen Falten erheben lässt. Durch die Weichtheile hindurch fühlt man den ersten und zweiten Metacarpalknochen verdickt und ebenso die Phalangealknochen des Daumens und Zeigefingers. Die Verdickung ist keine ganz regelmässige, vielmehr scheinen an einzelnen Gelenken, besonders denen des



Fig. 4.

Zeigefingers, besondere Auftreibungen zu bestehen. Die Nägel der beiden Finger sind gleichfalls vergrössert, besitzen geringeren Glanz als rechts und zeigen sehr ausgesprochene Längsstreifen, so dass sie sich auch etwas rauh anfühlen. Die Beweglichkeit der Gelenke ist in verschiedener Weise gestört: Im Metacarpo-Phalangeal- und Interphalangealgelenk des Daumens besteht eine bedeutende Beschränkung der Beweglichkeit; und zwar ist die Abduction in normaler Ausdehnung möglich, dagegen kann der Daumen nur bis zum Zeigefinger adducirt werden; die Flexion ist sehr beschränkt. Das Metacarpo-Phalangeal-Gelenk des Zeigefingers dagegen ist ganz frei, während das zwischen erster und zweiter Phalanx gelegene nur eine Excursion von ungefähr 20° gestattet und das letzte Interphalangealgelenk ganz steif ist. Die Beweglichkeitsstörungen resultiren offenbar von den Gehaltsveränderungen, welche auf abnorme Gelenkstellungen zurückzuführen sind. Die Endphalanx des Daumens befindet sich in Hyperextensionsstellung. Die Krümmung des Zeige-

fingers ist am stärksten an der Verbindung der Endphalanx mit der mittleren.

Unter den vergrösserten Theilen nimmt die Haut eine besondere Stellung ein, insofern sie ein zusammengesetztes Organ darstellt und demgemäss die Frage aufwerfen lässt, ob sie in allen ihren Theilen einfach vergrössert ist oder ob die in ihr befindlichen Sonderorgane vermehrt sind. In dieser Beziehung bieten uns die Oberhautriffe eine Handhabe. Sie sind, wie schon erwähnt, verbreitert. Messungen einer Anzahl von Riffen beider Körperseiten ergaben die folgenden mittleren Maasse:

Mittlere Breite eines Epidermisriffes.

	mm		mm
Linker Daumenballen . .	0·6	Rechter Daumenballen .	0·4
Linker Daumen	0·6	Rechter Daumen . . .	0·4
Linker Zeigefinger . . .	0·6	Rechter Zeigefinger . .	0·4—0·3

Mittlere Breite eines Epidermisriffes mit Zwischenraum.

	mm		mm
Linker Daumenballen . .	0·8	Rechter Daumenballen .	0·6
Linker Daumen	0·8	Rechter Daumen . . .	0·5
Linker Zeigefinger . . .	0·8	Rechter Zeigefinger . .	0·5

Die auf den Riffen befindlichen Drüsenöffnungen erscheinen zum Theil deutlich vergrössert.

Dass am Handrücken die von den Furchen eingeschlossenen Felder grösser sind als rechts, wurde schon erwähnt. Die Oeffnungen der Schweissdrüsen sind vielfach als vergrössert wahrzunehmen. Ebenso sind die Mündungen der Talgdrüsen flacher und weiter als rechts, und gewähren, wie die Haare, schon für den unmittelbaren Augenschein den Eindruck, in etwas grösseren Entfernungen zu stehen. Die Zählung ergiebt auf den Quadratcentimeter linkerseits 13—14, rechterseits 19—20 Haarbälge mit Drüse.

Diese Beobachtungen sprechen um so mehr dagegen, dass eine Vermehrung der einzelnen Theilorgane der Haut stattgefunden hat, als sie im Einklang mit den Umfangsvergrösserungen stehen. Der Umfang des linken Daumens beträgt 12 cm, der des rechten 7·5 cm. Auf 1 cm Länge kommen dort 12·5, hier 20 Epidermisriffe. Das Verhältniss dieser Zahlen stimmt auffallend überein. Nicht ganz so gut stimmen die Längenverhältnisse. Der linke Daumen ist nämlich 8 cm, der rechte

6·3 cm lang; jedoch nicht, dass die Breite der Riffe zur Erklärung der Längendifferenzen nicht zureichte, vielmehr ist dieselbe verhältnissmässig etwas zu gross.

Es knüpft sich hier die Frage an, ob die Zahl der Nerven resp. Nervenendigungen vermehrt ist. Wir dürfen erwarten, dass, da der vergrösserte Daumen nicht mehr Epidermisriffe, d. h. Papillenreihen enthält als der normale, auch die Zahl der druck- und ortsempfindenden Nerven nicht vermehrt ist. Es könnte sich demnach blos noch um die allenthalben, auch ausserhalb der „Druckpunkte“ endigenden Gefühlsnerven handeln. Die Sensibilitätsprüfung hat festzustellen, in wie weit die Verringerung der „Nervendichtigkeit“ im Verein mit der Behinderung der Beweglichkeit auf die Sinnesthätigkeit eingewirkt hat. Ich habe das Gefühl für sehr zarte Berührungen, für Druckunterschiede, den Ortssinn und Temperatursinn in mehreren Sitzungen an verschiedenen Tagen geprüft, ohne einen constanten und merklichen Unterschied zwischen beiden Seiten zu finden. Leider ist in Folge einer früher erlittenen Verletzung der rechte Zeigefinger zum Theil hypästhetisch, so dass in der Hauptsache zur Vergleichsprüfung nur Daumen und Mittelfinger verwendet werden konnten. Der Ortssinn wurde sowohl mittelst Zirkelspitzen, wie mittelst Localisiren einer Berührung, wie durch aufgesetzte kleine Hohlcylinder, welche rund resp. hohl gefühlt werden mussten, geprüft. Eine vergleichende Feststellung der Zahl der Temperatur- und Druckpunkte konnte nicht erfolgen, da die äusseren Umstände eine so subtile Untersuchung nicht gestatteten. Das Gefühl für passiv ertheilte Bewegungen in den Daumen- und in den beiden ersten Zeigefingergelenken erwies sich als nicht merklich undeutlicher als rechts. — Bei der Ortssinnprüfung erschienen zuerst die Angaben an den befallenen Partieen unsicherer, jedoch verschwand der Unterschied, sobald der Zirkel mit etwas verstärktem Druck aufgesetzt wurde. Es ist möglich, dass in dem resistenteren Gewebe eine zur deutlichen Erregung hinreichende Druckwirkung auf die Nerven einen — übrigens nur um ein Geringes — höheren Druck erheischte, obwohl sich freilich bei der Prüfung mittelst sehr schwacher mechanischer Reize kein merklicher Unterschied ergeben hatte. Nur an dem convexesten Theil der radialen Fläche des Zeigefingers, der Grenze zwischen mittlerer und Endphalanx, erwies sich der Ortssinn in gewisser Weise beeinträchtigt, indem der Hohlcylinder von 5 mm Durchmesser öfter als „voll“ erklärt wurde als an der entsprechenden Stelle des Daumens und Mittelfingers beider Seiten, sowie der ulnaren Fläche des Zeigefingers, obwohl für gewöhnlich der Ortssinn dort etwas besser ausgebildet zu sein pflegt, als an den drei letztgenannten Stellen. Bei Prüfung mit Zirkelspitzen war ein

merklicher Unterschied nicht zu constatiren. Eine complicirtere Anforderung, durch welche die Ergebnisse controlirt wurden, bestand darin, die Länge eines an die Haut angedrückten Stäbchens zu schätzen. Auch hierbei konnte ich beiderseits nur etwa gleiche Angaben erzielen. Wenn die örtliche Unterscheidungsfähigkeit direct der innerhalb einer Fläche vorhandenen Nervenzahl proportional wäre, so hätte sich bei einem Verhältniss der Daumenumfänge von 7·5 : 12 mit je gleicher Nervenanzahl, selbst auch in Berücksichtigung der kleinen absoluten Werthe, mit welchen wir hier zu thun haben, ein Unterschied mittelst der Zirkelprüfung herausstellen müssen. Ich muss es freilich noch dahingestellt sein lassen, ob nicht bei ausgedehnteren Versuchsreihen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle doch ein ungünstigeres Verhältniss für die vergrösserten Theile sich herausgestellt hätte, — was vorzunehmen aus äusseren Gründen nicht angängig gewesen ist. Immerhin bleibt es bestehen, dass die untere Grenze der in Rede stehenden Fähigkeit beiderseits dieselbe ist. Vielleicht hätte sich ein ähnliches Resultat ergeben, wie es Hartmann[1]) bei seinen Versuchen über den Ortssinn einer künstlich gedehnten Stelle der Halshaut fand, dass nämlich die Empfindlichkeit wohl merklich herabgesetzt war, aber nicht annähernd in dem Grade der Dehnung — entgegen der Aufstellung Czermak's von einer Proportionalität der Ortssinn-Abstumpfung mit Dehnung. Freilich sind die Bedingungen hier und da ganz verschiedene, und es muss noch als zweifelhaft erscheinen, ob selbst die geringe Abstumpfung bei Hartmann (die Ortsempfindlichkeit der gedehnten und der normalen Stelle verhielten sich wie 100:108) die Folge des blossen Auseinanderrückens der Nervenfaser ist, da doch schliesslich diese selbst ebenfalls gedehnt oder irgendwie mechanisch mit afficirt sind. Ebenso ist es bei den Versuchen Teuffel's[2]), welcher am Unterleib Hochschwangerer eine Abnahme des Ortssinnes, besonders an den mit Striae bedeckten Partieen fand, fraglich, was hiervon etwa auf pathologische Veränderungen der Nerven selbst kommt. Man kann an die Mitwirkung des letzteren Moments um so mehr denken, als nach Leubuscher Schwangere Berührungen am Bauch zwar um so schlechter localisiren, je ausgedehnter derselbe ist, jedoch auch Wöchnerinnen noch unter der Norm localisiren.[3]) In unserem Falle handelte es sich dagegen um eine reine, uncomplicirte Vergrösserung der Oberfläche bei gleicher Zahl von Nervenfasern. Es scheint daher, wenn ich von der erwähnten, dem am

---

[1]) Zeitschrift für Biologie. Bd. XI. S. 79.

[2]) Ebenda. Bd. XVIII. S. 247.

[3]) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1886. Nr. 37.

stärksten gekrümmten Theil entsprechenden Hautstelle absehe, welche in der That eine merkliche Minderwerthigkeit erkennen lässt, dass auch bei einer verringerten Nervendichtigkeit die Ortssinnfunction nahezu in der normalen, der betreffenden Region eigenthümlichen Schärfe bestehen bleiben kann. Hartmann entnimmt aus seiner entsprechenden Beobachtung einen Schluss zu Gunsten der von v. Vierordt auf eine ungemein grosse Zahl von Versuchen basirten glücklichen Vorstellung, dass für die Ausbildung des Tastsinnes einer Region die Rolle, welche dieselbe bei ihrer Verwendung im Dienste des Tastsinnes spielt, entscheidend ist. Ich möchte nur glauben, dass diese Beziehung die Bedeutung der anatomischen Nervendichtigkeit nicht auszuschliessen braucht, weil die anatomische Anlage eben derselben entsprechend sein wird. Dass mit der jeweiligen Ausbildung des Ortssinnes die Anzahl der Nerven topisch Hand in Hand geht, erhellt doch unzweifelhaft aus dem sehr verschiedenen Reichthum an „Druckpunkten". Der Cardinaleinwand aber gegen diesen Zusammenhang, dass nämlich der Nervenreichthum in der That nicht solchen Schwankungen unterliege, wie der Ortssinn, dürfte durch meinen Nachweis von der vielfach vorhandenen Reciprocität der Orts- und Temperaturempfindlichkeit aus dem Wege geräumt sein. Die Hartmann'sche Beobachtung nun sowohl wie die hier besprochene lassen auch eine andere Deutung zu, welche die Bedeutung der Nervendichtigkeit trotz des anscheinenden Widerspruches zu Recht bestehen lässt. Die Fähigkeit, zwei gleichzeitige Nervenerregungen gesondert aufzufassen, ist noch nicht identisch mit derjenigen, sie als räumlich distant zu empfinden. Erstere kann recht wohl von gewissen anatomischen Einrichtungen resultiren, letztere wird nicht ohne die durch den Gebrauch zu gewinnende Erfahrung, welche sich speciell auf die Controle des einen Sinnes durch den anderen und die Combination ihrer beiderseitigen Ergebnisse zu beziehen haben wird, entwickelt werden können. Die gegebene anatomische Einrichtung besteht aus dem System von Druckpunkten, den linearen Ausstrahlungen der Drucknerven entsprechend, und stellt ein Durcheinander von bevorzugten Punkten dar, welchen im Centralorgan eine irgend welche Anordnung von Elementen so correspondirt, dass die von jenen ausgelösten Erregungen in ganz besonderem Maasse auf diejenigen Bedingungen stossen, durch welche das Centralorgan befähigt ist, gleichzeitige Erregungen zu sondern. Bei der Prüfung mit dem Zirkel, welche eine gleichmässige Innervation der Hautsinnesfläche voraussetzt, werden günstig und ungünstig situirte Punkte, und, sobald die Spitzen stumpf sind, je ein Complex von Nervenerregungen zugeführt, welche zu den günstigsten isolirten Druckpunkterregungen in einem Verhältniss stehen, welches

einmal aus der relativen Menge der Druckpunkte, ferner aus den für eine möglichst punktförmige Reizung gegebenen mechanischen Bedingungen resultirt. Die Untersuchungsmethode der richtigen und falschen Fälle, welcher sich die Tübinger Forscher bedient haben, ergiebt, dass von jeder Hautregion doch auch relativ kleine Abstände, welche weit unter den von Weber angegebenen bleiben, in einer gewissen Procentzahl von Versuchen als doppelt gefühlt werden, so z. B. an der Halshaut bei Hartmann ein solcher von 4 Par. Lin. in 10·5 Procent der Fälle, während erst ein solcher von 12 Par. Lin. jedesmal wahrgenommen wird. Diese erheblichen Schwankungen dürften sich mit einer ungleichartigen Innervation der Hautfläche und den eben angeführten Momenten wohl noch am leichtesten in Einklang bringen lassen. Mit der Dehnung der Haut wird nun zwar die relative Menge der Druckpunkte geringer, die Möglichkeit der isolirten Reizung ihrer selbst oder anderer Hautpunkte aber gefördert. Die Spitze erzeugt bei ihrem Eindruck in die Haut von grösserer Spannung nicht einen so grossen Trichter, welcher die Erregung einer ganzen Anzahl von Nervenenden zur Folge hat, sondern bewirkt eine distinctere Reizung. Dies Moment wird dem ersteren jedenfalls in einem gewissen Umfange entgegenwirken. An den Tastflächen der Finger und der Hand liegen die Druckpunkte so dicht, dass die Vergrösserung ihrer Entfernungen von einander vielleicht auch ohne Vermehrung der Hautspannung schon einer isolirteren Erregung zu gute kommt. In dem vorliegenden Falle jedoch ist die Haut in der That weit weniger verschieblich, als unter normalen Verhältnissen. Nur an der bezeichneten convexesten Stelle des Fingers scheint die Entfernung der Nervenenden von einander die ausgleichbare Grenze überschritten zu haben. — An der ihr gegenüber, an der grössten Concavität liegenden Stelle der Ulnarseite des Zeigefingers, welche für den Tastgebrauch einen todten Winkel darstellt, fand sich der Ortssinn nicht verschieden von den entsprechenden Stellen des Mittelfingers derselben und des Daumens und Mittelfingers der anderen Seite.

Bezüglich der Herkunft der Missbildung ist die Frage zu erörtern, ob Momente vorhanden sind, welche auf eine Mitwirkung sympathischer oder trophischer Nerven schliessen lassen. Die mehrfach bei analogen Fällen beobachtete Vermehrung der Schweisssecretion fehlt. Die Eigentemperatur verhält sich wie rechts, Farbenwechsel der Haut tritt nicht auf. Die Wachsthumsstörung betheiligt die verschiedensten peripherischen Nervengebiete. Sie fällt an der Hand in das Gebiet der N. medianus und radialis, am Vorderarm in das des N. cutaneus externus, am Oberarm in das des N. cutaneus internus und N. axillaris. Nirgends aber ist der

ganze Bereich eines Nerven ergriffen; nur beim N. cutaneus externus könnte man dies wenigstens annähernd finden; jedoch am Unter- und Oberarm zeigt die Haut keine markanten Veränderungen, sondern nur das Fett. Freilich will das wenig sagen, und es fehlt andererseits nicht ganz an Momenten, welche an eine nervöse Mitwirkung denken lassen. Es ist nämlich doch bemerkenswerth, dass der Zeigefinger nicht allseitig, sondern vorzugsweise radialwärts gewachsen ist. Die Haut an der ulnaren Fläche zeigt keine merkliche Veränderung und sogar der Nagel ist radialwärts länger (0·9 cm) als ulnarwärts (0·7 cm). Die fühlbaren Knochenverdickungen, besonders an den Gelenken, befinden sich ebenfalls nur an der radialen Seite. Es würde dieser Erscheinung nicht genügend Rechnung getragen, wenn man sich dabei beruhigen wollte, dass auch der normale Zeigefinger häufig eine mit der Concavität ulnarwärts gerichtete Krümmung besitzt. Die Foramina nutritia der Phalangealknochen sitzen an ihrer Mitte. Die Krümmung der Finger bei Riesenwuchs ist schon mehrfach beobachtet. Ganz entsprechend dem vorliegenden ist der von Wenzel Gruber[1]) mitgetheilte Fall, in dem ebenfalls Daumen und Zeigefinger betroffen war, welcher letztere ganz in derselben Weise gekrümmt war. Aehnliche Krümmungen zeigt der Carling'sche und der Ewald'sche Fall.[2])

Es kommen unter den Fällen von Riesenwuchs mit Betheiligung der Hand — und diese bilden die Mehrzahl — gewisse Typen vorzugsweise vor; nach der Häufigkeit geordnet; sind folgende Gruppirungen vergrösserter Finger beobachtet: 3; 1, 2; 2, 3; 3, 4; 4, 5; 1, 2, 3; 2, 3, 4. Stets handelt es sich um benachbarte Finger, welche häufig zugleich syndaktilitisch verwachsen sind. Bei den Zehen bestehen insofern ähnliche Verhältnisse, als gleichfalls die vierte und fünfte Zehe viel seltener als die erste bis dritte befallen ist und drei Zehen seltener als zwei oder eine vergrössert sind; mehr als drei Zehen sind ebenfalls nie betheiligt. Endlich handelt es sich auch immer um benachbarte Zehen, mit Ausnahme eines Falles, in welchem die erste und fünfte Zehe vergrössert waren, die zweite bis vierte aber ganz fehlten. Diese beobachteten Typen sprechen nun insofern nicht gerade für nervöse Einflüsse, als die in den einzelnen Fällen ergriffenen Gebiete, wenn man sie zusammenstellt, sich überall durchdringen. Ferner dürften die gleichzeitig vorkommenden Syndaktilieen und Defecte von Gliedtheilen nicht in den Wirkungskreis fallen, welchen man

---

[1]) Virchow's Archiv. Bd. LVI. 1872.

[2]) Vergl. die Litteratur bei Wittelshöfer. Archiv für klin. Chirurgie. 1879. Bd. XXIV. S. 57.

sich von trophischen Nerven vorzustellen hat. „Wir kennen vorläufig nur einen vollkommen erwiesenen Zustand, welcher von trophischen Nerven abhängig ist, das ist die Unterbrechung ihrer Thätigkeit und die danach eintretende Atrophie“ (Joseph). Immerhin wird es gestattet sein, auch nach einer neurotischen Hypertrophie Umschau zu halten: die Fälle von „Riesenwuchs“ jedoch scheinen keinen dankbaren Boden abzugeben.

17.

Bemerkungen über Geschmackssinn.

Centralblatt für Physiologie vom 12. April 1890, Heft 1.

(In Verbindung mit Dr. H. Schmidt.)

Die kürzlich erschienene Abhandlung von Dr. Hjalmar Oehrwall in Upsala: Untersuchungen über den Geschmackssinn, Skandinavisches Archiv für Physiologie, II. Bd., 1. Heft 1890, giebt uns Veranlassung, einige Beobachtungen zu veröffentlichen, welche wir bei gemeinschaftlich im Frühjahr 1885 angestellten Untersuchungen gemacht, jedoch weil die letzteren aus äusseren Gründen nicht zu einem gewissen Abschluss gekommen sind, nicht der Oeffentlichkeit übergeben haben. Wir thun dies jetzt, weil unsere Beobachtungen, keineswegs so ausgedehnt, wie die von Oehrwall, jedoch nach ungefähr denselben Methoden gewonnen, die Resultate dieses Autors durchaus bestätigen und wir somit diesem selbst einen Dienst zu erweisen glauben, um so mehr, als es sich um ein Gebiet der subjectiven Beobachtungen handelt, auf welchem jede Bestätigung nur erwünscht sein kann.

Auch wir waren davon ausgegangen, einzelne pilzförmige Papillen zu prüfen und benutzten hierzu nach verschiedenem Probiren gespitzte in die Flüssigkeit getauchte Hölzchen. Ebenso wie Oehrwall (S. 45) fanden wir, dass die zwischen den einzelnen Papillen gelegenen Stellen nicht schmeckten, sowie dass die verschiedenen Papillen für die einzelnen Geschmacksarten nicht gleichmässig ausgebildet waren[1]) (S. 45 ff).

---

[1]) Die eingeklammerten Seitenzahlen geben an, wo bei Oehrwall die von uns bestätigte Beobachtung zu finden ist.

Ob etwa auf manchen Papillen gewisse Geschmacksarten ganz fehlten oder nur minder stark ausgebildet waren, konnten wir nicht sicher entscheiden, hielten das letztere für wahrscheinlicher (Oehrwall neigt sich mehr der ersteren Annahme zu, S. 54). Nur eins glauben wir allerdings damals sicher constatirt zu haben, dass nämlich bei manchen Individuen am harten und weichen Gaumen, besonders nach der Mittellinie zu, blos „Süss" vertreten ist. Die Unterschiede waren hauptsächlich regionärer Art, jedoch kamen sie, wie auch Oehrwall angiebt, auch bei eng benachbarten Papillen vor. Bezüglich ersterer ist zu erwähnen, dass an der unteren Fläche der Zungenspitze „Salzig", an der oberen „Bitter" vorzuwiegen schien und dass sich an den Pap. circumvallatae vielfach „Sauer" schwächer ausgebildet fand, als an den vorderen Zungenpartieen, während die anderen Geschmacksarten an den ersteren überragten. Genau wie es Oehrwall angiebt, finden wir in unseren Protokollen, dass z. B. von einem Gemisch von Chinin und Zucker auf der einen Papille Süss, auf der anderen Bitter herausgeschmeckt wurde. Was den Charakter der papillären Geschmacksempfindung betrifft, ergab sich, dass in einer Reihe von Fällen die Geschmacksart genügend deutlich hervortrat, während in einer anderen Reihe von Fällen Empfindungen unbestimmterer Art entstanden, welche aber doch bei den verschiedenen Geschmacksarten sich von einander unterschieden, so dass die Auffassung allerdings eine gewisse Uebung erforderte. Durch diese aber konnte es bald erreicht werden, dass selbst bei Anwendung von Mischreizen fast ausnahmslos zutreffend angegeben wurde. Auch in dieser Beziehung also können wir Oehrwall (S. 44) beistimmen; ferner darin, dass bei letztgenannten Verfahren die einzelnen Qualitäten zum Theil nach einander in die Empfindung treten. Gleichfalls fanden wir wie Oehrwall, dass an dem vorderen Zungentheil nur Spitze und Seitenränder schmeckten (S. 58) — weiter hinten allerdings ging das Geschmacksvermögen auch mehr auf den mittleren Theil des Zungenrückens über — und dass die Pap. fungiformes auch für Berührung, Schmerz- und Temperaturreize hervorragend empfindlich waren (S. 55). Die electrische Reizung wendeten wir ebenfalls auf die einzelnen Papillen an, freilich in etwas unvollkommenerer Form, nämlich mittelst fein gespitzter metallischer Electroden, beziehungsweise indem wir einen Stecknadelkopf als Electrode benutzten. Letzteres Verfahren bewährte sich am besten, während bei ersterem die Stromdichtigkeit zu gross zu sein schien. Hierbei konnten wir nicht blos den bekannten sauren Geschmack erzeugen, sondern auch bitteren, salzigen und süssen, wie es Oehrwall gleichfalls angiebt (S. 63). Die electrische papilläre Geschmackssensation hatte im Allgemeinen am meisten Aehnlichkeit mit derjenigen,

welche erfolgt, wenn man die Papillen mit einer Mischung verschiedenartiger Geschmacksreize erregt, ja sie war ihr bei vergleichenden Prüfungen manchmal zum Verwechseln ähnlich. Zuweilen aber traten auf gewissen Papillen einzelne Geschmacksqualitäten dabei besonders hervor, wie vorher angegeben, und dann zeigte sich die betreffende Papille bei der folgenden Prüfung mit adäquaten Reizen stets gleichfalls für diese besonders empfindlich. Süsse Empfindung konnte am besten an den Gaumenpapillen erzeugt werden. Wie Oehrwall angiebt, wurde die Vergleichung dadurch gestört, dass der Strom gleichzeitig Gefühlserregungen setzte; ferner bekam die Empfindung bei chemischer Reizung insofern einen anderen Charakter, als sie nicht so blitzähnlich verlief und als die einzelnen Qualitäten bei Mischgeschmäcken mehr nach einander auftraten. Die Geschmacksreize mussten für die Vergleichung mit der electrischen Empfindung in sehr concentrirter Form angewendet werden. Wir benutzten den constanten Strom und gewannen wie Oehrwall die reinste Geschmacksempfindung an der Anode, während an der Kathode die Erregung der Gefühlsnerven — stechende brennende Empfindung — vorwaltete. Der sogenannte alkalische Geschmack schien uns eine Mischempfindung aus Bitter, Salzig und sensibler Erregung zu sein, ähnlich wie es Oehrwall fand (S. 10) Zwischen den Papillen war nie eine Geschmackssensation zu erzielen.[1]) Eines Umstandes, welchen Oehrwall nicht erwähnt, möchten wir noch gedenken, dass wir nämlich an den Papillen gelegentlich eine partielle Ermüdung für eine gewisse Geschmacksart herbeiführen konnten; so z. B. gelang es an den Pap. circumvallatae durch mehrfache Reizung mit Chinin, Unempfindlichkeit für Bitter herzustellen, während Süss noch geschmeckt wurde. Nur die Reizung mit Säure — wir nahmen Essigsäure — setzte die Empfindlichkeit für alle Geschmacksarten gleichmässig herab.

Wir können somit zusammenfassend bestätigen, dass der Geschmackssinn wahrscheinlich über vier verschiedene Arten von Empfindung verfügt: Bitter, Salzig, Süss, Sauer, dass jede von diesen an eine bestimmte Art von Nervenfasern, beziehungsweise Endorganen gebunden ist, und dass die Papillen mit solchen differenten Fasern in verschiedenem Verhältniss ausgerüstet sind, wie sowohl die adäquate wie die electrische Reizung übereinstimmend lehren. Wir müssen

---

[1]) Wir verfehlen nicht zu bemerken, dass wir die Beobachtungen ausser an uns auch an mehreren Collegen und Lazarethgehilfen — die Untersuchungen geschahen im Garnisonlazareth Tempelhof bei Berlin — vornahmen und es nicht an Vexirversuchen und genügenden Cautelen fehlen liessen.

daher Oehrwall darin beistimmen, dass die Lehre von den specifischen Energieen der Sinnesnerven auch auf den Geschmackssinn Anwendung findet.

Im Uebrigen bemerken wir, dass wir diese Angaben streng nach den von früher her aufgehobenen Notizen und Protokollen unter Hinweglassung von mancherlei Einzelheiten gemacht, die Untersuchungen nicht wieder aufgenommen haben und uns auch weiterhin nicht mehr mit diesem Gegenstande zu beschäftigen gedenken.

18.

Ueber die Summation von Hautreizen.

(Nach gemeinschaftlich mit Herrn Prof. J. Gad angestellten Versuchen.)

Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin. Sitzung vom 31. October 1890.

Den Ausgangspunkt unserer Untersuchungen bildete ein eigenthümliches Phänomen der Empfindung, welches bei mechanischem Reiz der Hautnerven zu beobachten ist. Uebt man mit einer Nadelspitze einen leichten Eindruck auf die Haut aus, so hat man ausser der ersten sofort eintretenden stechenden Empfindung nach einem empfindungslosen Intervall eine zweite gleichfalls stechende Empfindung, welche sich in ihrem Charakter dadurch von der ersten unterscheidet, dass ihr nichts von Tastempfindung beigemischt ist, sie vielmehr gleichsam wie von innen zu kommen scheint. Bei mässiger, noch nicht schmerzhafter Intensität der primären Empfindung kann die secundäre schmerzhaft sein. Wird die Intensität des Eindrucks so gesteigert, dass die erste Sensation schmerzhaft ist, so wird die zweite im Verhältniss zur ersteren schwächer und tritt weniger deutlich hervor, da das leere Intervall zum Theil von der nachdauernden ersten Empfindung ausgefüllt wird. Das Phänomen der secundären Empfindung tritt schon bei sehr schwachen, vom Schwellenwerth nicht weit entfernten Reizen auf. Es ist nicht nöthig, dass die Berührung mit einer scharfen Spitze erfolge; die Erscheinung zeigt sich ebenso bei einem stumpfen Eindruck, z. B. sehr deutlich bei Berührung mit einem Stecknadelkopf. Dies Phänomen habe ich schon vor langer Zeit bemerkt und in meiner Dissertation im Jahre 1882 kurz beschrieben.[1])

---

[1]) Die Lehre von den specifischen Energieen der Sinnesorgane. Siehe diesen Band S. 44.

Im vorigen Winter habe ich mich wieder mit demselben beschäftigt, wobei ich die Bemerkung machte, dass ein einzelner Oeffnungsschlag unter allen Bedingungen nur eine primäre Empfindung verursacht, dass dagegen die secundäre, durch ein leeres Intervall von der ersten getrennte Sensation entsteht, sobald man mehrere electrische Einzelreize hinter einander auf dieselbe Hautstelle applicirt. Hiermit schien der Schlüssel zur Erklärung der Erscheinung gegeben. Herr Prof. Gad war auf meine Bitte bereit, gemeinschaftlich mit mir eine weitere Untersuchung des Phänomens zu unternehmen, nachdem er die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen an sich selbst geprüft und in allen Stücken bestätigt hatte.

Zuvörderst sei bemerkt, dass eine analoge Erscheinung auf anderen Sinnesgebieten uns nicht bekannt geworden ist, mit Ausnahme einer im Gebiete des Gesichtssinnes beschriebenen. Aubert sowohl wie Förster haben mitgetheilt, dass der electrische Funke ausser dem primären Lichteindruck ein positives Nachbild hinterlasse. v. Vintschgau und Lustig haben sich mit dieser Erscheinung näher beschäftigt und speciell das Zeit-Intervall bestimmt, nach welchem das positive Nachbild sich entwickelt. Herr Lustig (z. Z. Professor in Florenz), welcher als Versuchsperson diente, hatte hier auf dem 10. intern. Congress die Güte, mir mündlich eine nähere Schilderung von der Qualität der Erscheinung zu machen: Synchron mit dem Ueberspringen des Funkens hatte er den Eindruck einer hellen Scheibe, entsprechend der kreisförmigen Oeffnung im Schirm, durch welche er auf den Funken blickte. Nachdem dieser Lichteindruck abgeblasst, entwickelte sich nach einem von Empfindung leeren Intervall ein deutliches positives Nachbild der hellen Scheibe, welches von der Peripherie her wieder verblasste. Als Zeitwerth für das Intervall wurde 0,344 Sec. ermittelt. Herr Gad, welcher mich auf die angeführten Publicationen aufmerksam gemacht hat, fand auch, dass Charpentier die Erscheinung des positiven Nachbildes in diesem Jahre in der Société de Biologie als eine neue Entdeckung mitgetheilt hat.

Unsere Untersuchung erstreckte sich nun zunächst darauf, die Bedingungen festzustellen, unter welchen eine Reihe von Reizen geeignet ist, das Phänomen der secundären Empfindung zu erzeugen. Zu diesem Zweck wurden die Reizreihen nach Dauer, Reiz-Intervall und Reiz-Intensität in umfänglicher Weise variirt und der Einfluss dieser Variationen auf das Zustandekommen und die Qualität der Erscheinung, sowie auf den Zeitbetrag, nach welchem die secundäre Empfindung auftrat, geprüft. Die Reizung geschah bipolar. Ein handlicher Griff von Ebonit, welcher in eine Art von Kugel auslief, enthielt in sich ein Paar von Leitungsdrähten, welche genau in der Ebene der Kugeloberfläche,

dicht neben einander, ihr Ende fanden. Die Reize bestanden in Strömen der secundären Rolle. In den primären Kreis waren als Reizvorrichtung ein langsam und ein schnell schwingender Hammer, sowie eine 100 Mal in der Secunde schwingende Stimmgabel eingeschlossen. Die Dauer der Reizreihen konnte für sehr kleine Zeiten durch das Feder-Myographion, für längere mittelst des Metronoms und für noch längere durch eine verstellbare, unter der Kymographion-Trommel angebrachte Quecksilberrinne regulirt werden. Ausserdem war in den primären Kreis ein Pfeil'scher Chronograph zum Markiren der Reize eingefügt. Zum Signalisiren der Empfindung diente ein Beiss-Contact. Der secundäre Strom konnte durch einen Vorreiberschlüssel abgeblendet werden. Alle diese Vorrichtungen waren gleichzeitig zusammengefügt und es waren Anordnungen getroffen, um schnell bald die eine, bald die andere zur Thätigkeit einzuschalten. Die Ausführung der Versuche geschah so, dass die jedesmalige Versuchsperson (Herr Gad oder ich) den Griff in die Hohlhand nahm bezw. sich an eine Hautstelle andrückte, während der Andere den Apparat handhabte.

Es zeigte sich nun, dass schon zwei Reize im Stande waren, die secundäre Empfindung hervorzurufen, jedoch in sehr undeutlicher und inconstanter Weise; ähnlich drei Reize. Eine Reihe von vier Reizen dagegen brachte die Erscheinung deutlich hervor, aber nur unter gewissen Bedingungen des Reiz-Intervalles: betrug dasselbe 10 σ ($1\ \sigma = 0{,}001$ Secunde), so trat das Phänomen wenig constant und undeutlich hervor; betrug es 20 σ, so war letzteres deutlicher; bei 30—60 σ am deutlichsten und bei steigendem Intervall wieder etwas undeutlicher werdend, um, wenn das Intervall über 90 σ wuchs, überhaupt inconstant und undeutlich zu werden. Aehnlich verhielt es sich bei Reihen von fünf Reizen. Bei weiterer Vermehrung der Reizzahl erwiesen sich für das Zustandekommen der secundären Empfindung mehr und mehr die kleinen Reiz-Intervalle begünstigt. So war es bei sieben Reizen für die Erscheinung ein Optimum, wenn das Intervall bis zu 60 σ, bei acht Reizen, wenn es bis zu 40 σ betrug. Bei 12—13 Reizen gar war das Intervall von 10—20 σ das geeignetste. Sucht man die solchergestalt kurz skizzirte Beziehung von Reizzahl zu Reiz-Intervall auf ein möglichst einfaches Verhältniss zurückzuführen, so ergiebt sich etwa folgendes: Ein bestimmtes Optimum der Dauer der Reizreihe kann man nicht aufstellen, sondern nur sagen, dass die secundäre Empfindung deutlich zu Stande kommt, wenn während einer Zeit von 80 bis 400 σ eine Reihe von Reizen sich ereignen. Hierbei erscheint das Reiz-Intervall zwischen 40 und 70 σ, speciell 40 σ bevorzugt. Ein möglichst scharfer Ausdruck der Relation von Intervall zu Reizzahl kann folgendermaassen

gegeben werden: Mit wachsendem Reiz-Intervall nimmt die Zahl der zur Deutlichkeit der secundären Empfindung erforderlichen Einzelreize ab. Da bei allen Reiz-Intervallen die gestattete Gesammtdauer des Reizvorganges ungefähr dieselbe bleibt, so darf bei kleinem Reiz-Intervall die Gesammtzahl der Einzelreize einen beträchtlich grösseren Werth erreichen als bei grossem Intervall. Jedoch ist bei kleinem Intervall das Optimum nach einer kürzeren absoluten Dauer der Reizreihe erreichbar als bei grösserem Intervall.

Was den Einfluss der Intensität der Reize betrifft, so bemerkten wir, wie schon andere Autoren, dass die Empfindung, welche dem Einzelreiz entsprach, im Verlaufe einer Reizreihe an Intensität zunahm, so dass sogar Reize, welche einzeln unmerklich waren, in sehr kleinen Intervallen gehäuft sehr merklich wurden. Da es sich nun herausstellte, dass die secundäre Empfindung von der Intensität des Gesammteindruckes der Reizreihe abhing, so wurde die Intensität der Einzelreize nicht näher berücksichtigt, dieselbe vielmehr durch jedesmaliges Ausprobiren so gewählt, dass der Gesammteindruck von mässiger Intensität war, wie sie sich als am zweckmässigsten für das Zustandekommen der secundären Empfindung erwies. Eine Abschwächung bezw. Steigerung der Intensität bewirkte dann ein Undeutlicherwerden der secundären Empfindung Bei Steigerung nämlich wird von einer gewissen Grenze ab die secundäre Empfindung schwächer als die primäre.

Die Zeit, nach welcher bei einer Reizreihe die secundäre Empfindung auftritt, beträgt, vom Ende der Reizreihe an gemessen, ungefähr $^{9}/_{10}$ Secunden (an der Hand). Steht nun diese Reactionszeit zur Dauer der Reizreihe, zur Zahl der Reize in Beziehung? Wird die secundäre Empfindung hinausgeschoben durch eine Verlängerung der Reizreihe, in ihrem zeitlichen Auftreten gestört durch die Häufung der Reize? In dieser Beziehung haben unsere Untersuchungen folgendes ergeben: Wird die Dauer der Reizreihe verlängert, indem entweder die Zahl der Reize vermehrt oder ihr Intervall vergrössert wird, so hat dies auf die Zeit, nach welcher die secundäre Empfindung auftritt, keinen ersichtlichen Einfluss, indem das Spatium zwischen Ende der Reizreihe und secundärer Empfindung nahezu dasselbe bleibt. Allein dieses Verhältniss gilt nur bis zu einer gewissen Grenze der Dauer der Reizreihe. Diese wird durch den Zeitbetrag repräsentirt, bis zu welchem bei dem betreffenden Reiz-Intervall die Reizreihe wachsen muss, um die zur deutlichen Secundärempfindung nothwendige Reizzahl zu erzielen. Wird diese Grenze überschritten, so tritt die Secundärempfindung, unabhängig von der Ausdehnung der Reizreihe, doch in ihrem alten Zeitmoment auf, d. h. das Spatium zwischen Ende der Reizreihe und

Secundärempfindung verkürzt sich. Wird die Reizreihe zu weit ausgedehnt, etwa bis über 800 σ, so confluirt die Secundärempfindung mit der primären oder kommt gar nicht zu Stande.

Nach diesen Feststellungen wandten wir uns dazu, die Reactionszeiten der secundären Empfindung bei mechanischer Reizung zu ermitteln. Um Stärke, Dauer und Steilheit der mechanischen Reize zu bemessen, bedienten wir uns folgender Vorrichtung: Eine nach Art der Marey'schen Tambours hergestellte und mit einer Handhabe versehene Kapsel trug auf der Mitte der Gummimembran senkrecht eine Nadel. Diese Aufnahmekapsel war mittelst Schlauches mit einer registrirenden Kapsel verbunden, welche den Verlauf des mechanischen Eindruckes auf der Trommel verzeichnete. Darunter wurde die zeitmessende Curve gezogen. Es ergab sich, dass das zeitliche Auftreten der secundären Empfindung nach etwa derselben Frist erfolgte wie bei der electrischen Reizung, falls man die Bedingungen der Dauer und Intensität der Reizung, nach der primären Empfindung gemessen, möglichst gleich herstellte. Im Uebrigen zeigte sich die Reactionszeit abhängig von der Intensität sowie Steilheit der mechanischen Reizung, und zwar erschien letzteres Moment von grösserem Einfluss auf die Verkürzung der Reactionszeit als ersteres. Bei flach ansteigendem und länger dauerndem mechanischen Eindruck wurde das Zeit-Intervall bis zur secundären Empfindung, vom Anfang des Reizes an gerechnet, entsprechend verlängert; vom Ende an gerechnet blieb es ungefähr gleich. Wurde aber die Dauer der Reizung über ein gewisses Maass, etwa 500 σ, ausgedehnt, so verkürzte sich das Intervall vom Ende an gerechnet, während es vom Anfang an gerechnet ungefähr gleich blieb. Dies ist wie bei den electrischen Reizen dahin auszulegen, dass, wenn die zur Auslösung der Secundärempfindung nöthige Intensität des primären Eindrucks erreicht ist, ein weiterer Zuwachs des Reizes nicht mehr verändernd wirkt. Dass auch bei der mechanischen Reizung für die Zeit der Secundärempfindung die Bedingung des Deutlichwerdens maassgebend ist, geht daraus hervor, dass an der Vola der Handwurzel, wo die Erscheinung überhaupt deutlicher ist als an der Hohlhand, auch die Reactionszeit als etwas kürzer sich herausstellte. Von der Fusssohle aus (nur bei mir gemessen) beträgt unter gleichen Bedingungen die Reactionszeit der Secundärempfindung 400—500 σ mehr als von der Hohlhand aus.

Was nun das Wesen des Vorganges betrifft, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass es sich um eine Summationswirkung handelt. Wo die Summirung stattfindet, ist natürlich nicht mit Sicherheit festzustellen; wahrscheinlich jedoch nicht in den Nervenfasern,

sondern in zelligen Elementen, welche in die Leitungsbahn eingestreut sind, und es liegt am nächsten, hierbei an zellige Elemente des Rückenmarks zu denken. Somit würde sich folgende Vorstellung, welche anatomischen Thatsachen Rechnung trägt, ergeben: die hinteren Wurzeln gabeln sich im Rückenmark in eine doppelte Bahn, indem die in den Hintersträngen aufsteigenden Fasern Collateralen (Kölliker) abgeben, welche in die graue Substanz eintreten und deren Verästelungen in solche von cellulären Elementen eingreifen. Die Erregung läuft somit einmal in der langen Bahn dem Bewusstseins-Centrum zu und trifft andererseits auf eingelagerte Zellen, welche die Erregung nicht einfach fortleiten, sondern zunächst nur in einen veränderten Erregbarkeitszustand gerathen. Erst wenn mehrere Erregungen hinter einander auf diese Art zur Zelle gelangt sind, wird die aufgespeicherte Energie in Arbeit umgesetzt; die Zelle sendet nun selbst Erregungen aus, welche gleichfalls, aber auf der anderen Bahn, zum Centrum gelangen. Diese letztere möge, da sie den summirten Erregungen zum Durchtritt dient, als „Summationsbahn" bezeichnet werden. Dies ist jedenfalls correcter, als sie zur „Schmerzbahn" zu stempeln. Im Hinblick auf die Thatsache, dass auch die Reflexbewegungen summirten Erregungen entsprechen, dürfte es zweckmässig sein, die Vorstellung dahin zu detailliren, dass die summirende Zelle sich nach der einen Richtung gegen eine motorische Zelle (Reflexbogen) entladet, nach der anderen Richtung hin centripetal. Wir können in dieser Beziehung von einer kürzlich von Quincke[1]) ausgesprochenen, sehr berechtigten Vorstellung Gebrauch machen, dass nämlich bei der Uebertragung von sensiblen Erregungen auf entferntere motorische Regionen zunächst sensible Zellen derselben als Durchgang benutzt werden, wodurch es nicht blos zu Reflexbewegungen, sondern auch zu Mitempfindungen kommt. Unser Fall würde eine Verallgemeinerung dieses Vorganges bedeuten. — Es bleibt, um die Erscheinungen zu erklären, nun noch eine weitere Annahme zu machen: dass nämlich auch eine einfache Erregung, falls sie von exorbitanter Stärke ist, im Stande sei die Summationsbahn zu durchbrechen, eine Annahme, welche erleichtert wird im Hinblick darauf, dass nach Stirling starke einfache Reize auch Reflex erregen können. Die Annahme ist wegen pathologischer Erfahrungen nothwendig, denn es ist sicher, dass Degenerationen der grauen Substanz das Schmerzgefühl, aber nicht das Druckgefühl aufheben. Wir müssen daher annehmen, dass Schmerz nur von der Summationsbahn her entstehen kann, — aber keineswegs muss jede von dieser Bahn hergeleitete Empfindung schmerzhaft sein. Bei einem sehr starken Reiz entsteht daher primär Schmerz

[1]) Zeitschrift für Klin. Medicin. Bd. XVII, II, 5.

und, falls ersterer zusammengesetzt war, ausserdem durch Summirung innerhalb der schon einmal durchlaufenen Zellen, eine secundäre schwächere Empfindung.

Indem wir somit zu dem Schluss gelangen, dass die secundäre Empfindung ein Summations-Phänomen ist, ergiebt sich zugleich, dass der mechanische Reiz, wie er auch beschaffen sein möge, niemals als ein einfacher anzusehen ist, sondern schon einer Reizreihe entspricht. In dieser Auffassung liegt ein Unterschied gegenüber den bisherigen Autoren (Naunyn, Rosenbach), welche die Summation der mechanischen Reize selbst untersucht haben. Was überhaupt die Stellung unserer Untersuchungen zu den bisherigen über Summation von Hautreizen betrifft, so hatten letztere im Wesentlichen das durch Summirung bedingte Merklichwerden untermerklicher Reize im Auge; aber die von Naunyn gemachte, von Rosenbach bestätigte Angabe, dass nach einer Reihe von Reizen (bei Kranken) plötzlich ein Schmerz hereingebrochen sei, hat offenbar eine gewisse Aehnlichkeit mit unserem Phänomen insofern, als durch Summirung eine neue Empfindung, nicht blos eine Erregbarkeits-Steigerung, gesetzt ist.

Das unter pathologischen Bedingungen vorkommende Phänomen der „verlangsamten Leitung“ ist zweifelsohne auf den hier besprochenen Vorgang zurückzuführen. Die Summationsbedingungen sind dabei durch Erkrankungen innerhalb der Leitungsbahnen in der Weise verändert, dass die secundäre Empfindung abnorm spät zu Stande kommt. Diese Vergrösserung des Zeit-Intervalls kann wahrscheinlich schon durch eine blosse Herabsetzung der Leitungsfähigkeit des Nerven hervorgebracht werden. Ein von mir kürzlich beobachteter Fall zeigte das Phänomen lediglich durch peripherische Affection hervorgebracht. Dennoch war die zweite Empfindung von abnormer Intensität. Diese pathologisch vorkommende Verspätung des Schmerzes mit hyperalgetischem Character desselben kann man wohl nur mit der Annahme erklären, dass es einen „hyperalgetischen Zustand“ giebt, welcher wahrscheinlich an die in die Leitungsbahn eingestreuten zelligen Elemente geknüpft ist, und welcher etwa ähnlich vorzustellen ist wie der Zustand der centralen Zellen bei Strychnin-Intoxication. Der hyperalgetische Zustand kann durch irgend welche in der Peripherie bestehende Reizzustände hervorgerufen werden. Gehen letztere zugleich mit verringerter Erregbarkeit bez. Leitungsfähigkeit einher, so wird die Folge sein, dass die primäre Empfindung schwach ausfallen und das für die Summirung erforderliche Optimum später erreicht wird, während auf Grund des in den Zellen bestehenden hyperalgetischen Zustandes die Summation der Erregungen eine abnorme intensive Thätigkeits-Aeusserung derselben setzt.

19.

Ueber verlangsamte Leitung der Schmerzempfindung.

(Aus der I. medicinischen Universitätsklinik des Herrn Geh. Rath Leyden in Berlin.)

Deutsche Medicinische Wochenschrift 1890, No. 31.

Vor kurzem wurde auf der I. medinischen Klinik ein Fall von Thrombose der Art. poplitea sin. nach einem perityphlitischen Abscess beobachtet, welcher von Leyden in der Berl. klin. Wochenschr. 27. Jahrg., No. 14, veröffentlicht worden ist. Es gelang, die zuerst stürmisch hervortretenden Folgen der Circulationshemmung so weit zu beschränken, dass es im Wesentlichen nur zu einer partiellen Gangrän der grossen und zweiten Zehe kam. In dem am schwersten betroffenen Gebiet, der inneren Hälfte des Fussrückens, wurde nun von Leyden ein eigenthümliches Sensibilitätsphänomen bemerkt: nämlich eine Verspätung der Schmerzempfindung. Gleichzeitig bestand eine Herabsetzung der Sensibilität, so dass leise Berührungen überhaupt nicht wahrgenommen wurden, während bei den stärkeren eine Druckempfindung, und nach einem merklichen Intervall ein hyperalgetisches Schmerzgefühl auftrat.

Das von Cruveilhier zuerst beschriebene Phänomen der verspäteten Schmerzempfindung wurde später, namentlich von Leyden, Topinard, Weir Mitchell und ganz besonders von Remak studirt. Letzterer betonte den Umstand, dass Druck- und Schmerzempfindung durch ein leeres Intervall getrennt seien, so dass also eine doppelte Empfindung durch einen Nadelstich hervorgerufen werde, sowie, dass der Schmerz bei einer Reihe von Fällen abnorm stark sei. Zu derselben Zeit wurde von Naunyn eine doppelte Empfindung nach Nadelstich bei Tabes beschrieben, welche wahrscheinlich identisch mit dem Phänomen der verspäteten Schmerzleitung ist. Das letztere wurde bei spinalen

Affectionen, speciell Tabes dorsalis, beobachtet, und die Autoren pflegten bezüglich der Erklärung auf die Schiff'schen Experimente zurückzugehen, nach welchen durch queres Einschneiden in das Rückenmark die auf einen schmerzhaften Reiz hin erfolgende Reactionsbewegung des Thieres verspätet wurde, und zwar um so mehr, je mehr der Querschnitt der grauen Substanz „eingeengt" sei. Leyden und Goltz dehnten diese Versuche insofern weiter aus, als sie fanden, dass auch bei Compression des den Reiz zuleitenden Nervenstammes eine Verspätung der Zuckung auftrete. Eingehender ist dies von Lüderitz verfolgt worden, welcher bei Compression des N. ischiadicus vom Kaninchen gleichfalls eine Verspätung der Schmerzzuckungen, von der betreffenden Extremität aus, fand. Auch von klinischer Seite wurden Erfahrungen bekannt, welche zeigten, dass das Phänomen peripherisch bedingt sein könne. Kraussold theilte 1877 zwei Fälle von Verletzung des N. ulnaris mit, bei denen eine mit der völligen Verheilung wieder verschwindende Verspätung der Schmerzempfindung auftrat. Erb beobachtete das Phänomen bei einem Falle von traumatischer Neuritis, und eine ähnliche Erfahrung wurde von Westphal mitgetheilt. Weiterhin wurde es bei multipler Neuritis von G. Fischer, Strümpell, Vierordt, Loewenfeld, Déjérine. Oppenheim u. a. beobachtet. So konnte schon kein Zweifel mehr darüber sein, dass dieses Phänomen, welches als nahezu pathognomonisch für eine Spinalaffection gegolten hatte, sehr wohl auch peripherische Ursachen haben könne. Diese Veränderung der Anschauungen entwickelte sich ungefähr in demselben Zeitraum und in demselben Sinne, wie die Veränderung der Vorstellungen über die Natur der Tabes dorsalis. Die Tabes, früher für eine rein spinale Affection gehalten, betrifft ebensowohl die peripheren Nerven, wie durch eine Reihe von deutschen und französischen Forschern festgestellt ist. Die erste derartige Beobachtung, Degeneration eines N. ischiadicus bei Tabes, rührt übrigens, was in der Discussion über diesen Gegenstand anscheinend vergessen ist, von Leyden her, welcher dieselbe schon in seiner Schrift „Ueber die graue Degeneration der hinteren Rückenmarkstränge" veröffentlicht hat. Hinter dem anatomischen Nachweis ist der physiologische insofern nicht zurückgeblieben, als sich herausgestellt hat, dass auch die Symptome der Tabes zum Theil durch peripherische Veränderungen erklärbar sind. So die Störungen der Sensibilität, des Muskelsinnes, die Ataxie. So wollte denn auch Déjérine schon 1883 die verlangsamte Schmerzempfindung aus der peripherischen Nervendegeneration erklären, indem er es für unnöthig hielt, auf den spinalen Process zur Erklärung zurückzugreifen. Für die Frage der Bedeutung der periperischen Processe für die Symptomatologie der Tabes hat nun der vorliegende Fall ein besonderes Inter-

esse, indem es sich hier wahrscheinlich um eine Degeneration der feineren Verzweigungen der Nerven handelt, um einen ähnlichen Process, wie er bei der Tabes in ausgebreiteterer Weise vorkommt. Wenn es auch in unserem Falle nicht möglich war, die Hautnerven anatomisch zu untersuchen, so dürfen wir uns doch hier auf eine Arbeit von Déjérine berufen, welcher nachgewiesen hat, dass bei Decubitus in der unmittelbaren Umgebung der Gangränherde die Hautnerven degenerirt sind, sowie auf eine Mittheilung von Professor Mannkopff. Derselbe hielt auf der 51. Naturforscherversammlung in Cassel 1878 einen Vortrag über „peripherische ischämische Lähmung", in welchem er über einen Fall von Endocarditis mit mehrfachen Embolieen, besonders einer solchen in der Art. tibialis post. sin. berichtet. Die anatomische Untersuchung zeigte im linken Nerv. tibialis eine centrifugal an Intensität zunehmende, sich in die Aeste erstreckende Degeneration (Neuritis parenchymatosa et interstitialis). Man darf hiernach wohl annehmen, dass auch in unserem Falle eine Degeneration der Hautnerven in den von der Circulationsstörung am meisten befallenen Gebieten stattgefunden habe.

Was nun die Feststellung des Phänomens bei der Patientin betrifft, so konnte dieselbe zur Zeit, als der Process noch auf seiner Höhe war, nur flüchtig vorgenommen werden, weil die localen Erscheinungen und der leicht erregbare psychische Zustand eingehendere Prüfungen nicht gestatteten. Die in diesem Stadium einfach mittelst Schätzung nach der Uhr ausgeführte Messung ergab, dass der Schmerz ungefähr 2—2,5 Secunden nach dem Reiz auftrat und dann noch weiter anschwoll, irradiirte und eine erhebliche Heftigkeit erreichte. Dabei wurden leichtere Berührung, sowie schwache faradische Reize gar nicht empfunden. Auch die Trennung in Berührungs- und Schmerzempfindung (jetzt — au!) war deutlich zu erzielen. Späterhin konnten die Prüfungen genauer vorgenommen werden, wobei ich mich des Grunmach'schen Polygraphions bediente, an welchem sowohl der Moment der Reizung, wie derjenige der Reaction markirt wurde. Selbstverständlich wurde die Kranke vorher durch Reizung gesunder Stellen auf die Methode eingeübt. Bei der ersten genaueren Versuchsreihe, zu einer Zeit, als der Process schon in beginnender Besserung befindlich war, ergab sich, dass im Durchschnitt nach 1,2 Secunden auf Schmerz reagirt wurde; im Einzelnen gingen die Werthe jedoch bis zu 1,8 Secunden hinauf. Die Berührungsempfindung wurde nach 0,34 Secunden im Mittel signalisirt, also nur um wenig verspätet. Der Bezirk, in welchem die Verspätung der Empfindung Statt hatte, umfasste das I. und II. Spatium interosseum des linken Fussrückens. Bei einer 10 Tage später aufgenommenen Versuchsreihe zeigte sich ein Mittelwerth von nur 1 Secunde, während im Ein-

zelnen die Werthe sich von 0,7—1,7 Secunden erstreckten. Die nähere Untersuchung lehrte, dass der Bezirk, innerhalb dessen das Phänomen sehr ausgeprägt bestand, sich schon etwas mehr nach der grossen und zweiten Zehe hin eingeschränkt hatte, während nach dem Fussrücken hin die Verlangsamung geringer wurde. Als nach einiger Zeit eine neue Versuchsreihe angestellt wurde, welche sich an das der grossen und zweiten Zehe unmittelbar anliegende Gebiet hielt, fand sich dann auch ein etwas höherer Mittelwerth, nämlich 1,4 Secunden, wobei die Einzelwerthe von 0,97 bis 1,85 gingen. Eine andere Prüfungsreihe dagegen, welche einen mehr nach der Mitte des Fussrückens hin gelegenen Bezirk des Spatium interosseum I betraf, ergab als Mittelwerth 0,8 Secunden. In dem Maasse, als die Circulation sich im betroffenen Gebiet wieder herstellte, und der gangränescirende Process sich an den peripheren Theilen der grossen und zweiten Zehe demarkirte, schränkte sich der Bezirk, innerhalb dessen die Verspätung des Schmerzes bestand, nach der grossen und zweiten Zehe hin ein, und das Phänomen veränderte sich insofern, als das Intervall kürzer wurde, und die Schmerzwirkung ihren hyperalgetischen irradiirenden Charakter verlor. Die Doppelempfindung war nicht mehr zu erzielen. Eine ungefähr vier Monate nach Entstehung der Thrombose vorgenommene Prüfung ergab an der grossen Zehe einen Mittelwerth von 0,5 Secunden, wobei noch eine geringe Herabsetzung der Empfindlichkeit bestand. Die Zehe war am Nagelgliede mit einem die Plantarfläche einnehmenden schwarzen trockenen Schorf bedeckt, während die zweite Zehe, von welcher sich schon vorher die Endphalanx abgelöst hatte, nur noch eine kleine granulirende Stelle aufwies. Das Phänomen zeigte sich also in engster Weise an den localen Process geknüpft.

Was nun die physiologische Erklärung der verspäteten Schmerzempfindung betrifft, so ging dieselbe, wie schon bemerkt, früher auf den Schiff'schen Versuch zurück. Durch pathologische Veränderungen in den grauen Hinterhörnern sollte der functionelle Widerstand vermehrt, und dadurch die Leitung verlangsamt sein. Die Hyperalgesie wurde auf den Ausfall empfindungshemmender Fasern bezogen. Da das Phänomen nun durch peripherische Veränderungen zu Stande kommen kann, so bedarf es einer neuen Erklärung. Der Ausdruck „Verlangsamung der Empfindungsleitung" ist noch unter dem Einfluss der berühmten Untersuchungen über die Leitungsgeschwindigkeit im Nerven entstanden. Heute weiss man, dass die auf die Fortleitung der Erregung entfallende Zeit nicht den wesentlichsten Theil der „Reactionszeit" darstellt. So werden schwache Reize später wahrgenommen als starke, obwohl die Fortleitung schwacher Nervenerregungen nicht langsamer erfolgt als die-

jenige starker Erregungen; ebenso werden Reizungen schwach empfindlicher Stellen später gefühlt als eben solche von besser empfindlichen, wenn auch letztere entfernter vom Centralorgan gelegen sind. Man muss, um dies zu verstehen, eben berücksichtigen, dass ein Reiz nicht einen Vorgang von momentaner Dauer setzt, sondern einen solchen, welcher einen gewissen zeitlichen Verlauf hat, ansteigend eine gewisse Höhe erreicht und dann wieder abklingt, und dass es von der Art dieses Verlaufes abhängig ist, an welchem Punkte der Curve die Bewusstseinsschwelle durchbrochen wird. Man könnte nun vielleicht meinen, dass die Verspätung der Schmerzempfindung lediglich auf eine Herabsetzung der Empfindlichkeit und eine entsprechende Verlängerung der Reactionszeit zurückzuführen sei. Allein dies würde nicht zutreffen, da die Doppelempfindung hierdurch nicht erklärt werden könnte. Vielmehr ist die Erscheinung complicirterer Art und sehr wahrscheinlich auf die Thatsache zurückzuführen, dass schon unter normalen Verhältnissen ein mechanischer Reiz eine secundäre Empfindung auslöst, welche von der primären durch ein Intervall getrennt und im Allgemeinen einen mehr schmerzlichen Charakter hat als die primäre. Ich habe diese physiologische Doppelempfindung 1881 in meiner Dissertation „Die Lehre von den specifischen Energieen der Sinnes-Nerven“ zuerst beschrieben. Im vorigen Winter bemerkte ich, dass ein einzelner Oeffnungsschlag das Phänomen nicht erzeugt, sondern dass hierzu eine gewisse Reihe von Reizen nothwendig ist. In Gemeinschaft mit Herrn Prof. Gad habe ich über dieses Verhalten Untersuchungen angestellt, welche wir demnächst veröffentlichen wollen. Wir sind zu der Ansicht gelangt, dass es sich bei der secundären Schmerzempfindung wahrscheinlich um eine Summationswirkung handelt, und dass demnach der Nadelstich einer Reizreihe und nicht einem einfachen Reiz entspricht.[1]) Die Summation geht wahrscheinlich nicht in der Nervenfaser vor sich, sondern in eingestreuten zelligen Apparaten (Rückenmark) bezw. peripherischen oder centralen Endorganen. Die Stärke der secundären Schmerzempfindung und ebenso das Intervall, nach welchem sie erscheint, kann durch Variation der Reize verändert werden. Es darf deshalb angenommen werden, dass auch

[1]) O. Rosenbach (Deutsche Medicinische Wochenschrift 1884, p. 338) hat eine Beobachtung beschrieben, welche auf den ersten Blick hiermit identisch zu sein scheint, dass nämlich beim langsamen Einstechen in eine Stelle mit dicker Epidermis der Moment der Berührung von demjenigen des Schmerzes differenzirt werden könne, welchen letzteren er von der directen Insultirung der Nervenenden durch die weiter vordringende Nadel ableitet. Jedoch scheint mir, dass dieser Autor in der That etwas anderes, das wirkliche Nacheinander von leichter und schmerzlicher Reizung durch allmäliges Anwachsen der Reizstärke, meint.

durch eine Veränderung der peripherischen Leitungsbahnen die einzelnen Elemente der Erregungsreihe so beeinflusst werden, dass das Resultat des Summationsvorganges ein anderes wird als unter normalen Verhältnissen, wobei die summirenden Organe selbst unversehrt sind. Eine derartige, nicht näher zu charakterisirende Modification der Leitungsbahnen dürfte im vorliegenden Falle vorhanden sein. Die Vorstellung, dass durch Summation von unterschmerzlichen Reizen Schmerz entstehen kann, ist schon von Richet und von Naunyn, ferner von de Watteville vertreten worden.

20.

Ueber die Summation von Hautreizen.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Berlin.)

Zeitschrift für klinische Medicin 1891. 20. 4—6.

(In Gemeinschaft mit Herrn Professor J. Gad.)

I. Das Phänomen der secundären Empfindung.

Uebt man mit einer Nadelspitze einen leichten Eindruck auf die Haut aus, so hat man ausser der ersten sofort eintretenden stechenden Empfindung nach einem empfindungslosen Intervall eine zweite, gleichfalls stechende Empfindung, welche sich in ihrem Charakter dadurch von der ersten unterscheidet, dass ihr nichts von Tastempfindung beigemischt ist, sie vielmehr gleichsam wie von innen zu kommen scheint. Bei mässiger, noch nicht schmerzhafter Intensität der primären Empfindung kann die secundäre schmerzhaft sein. Wird die Intensität des Eindruckes so gesteigert, dass die erste Sensation schmerzhaft ist, so wird die zweite im Verhältniss zur ersten schwächer und tritt weniger deutlich hervor, da das leere Intervall zum Theil von der nachdauernden ersten Empfindung ausgefüllt wird. Das Phänomen der secundären Empfindung tritt schon bei sehr schwachen, vom Schwellenwerth nicht weit entfernten Reizen auf. Es ist nicht nöthig, dass die Berührung mit einer scharfen Spitze erfolge; die Erscheinung zeigt sich ebenso bei einem stumpfen Eindruck, z. B. sehr deutlich bei Berührung mit einem Stecknadelkopf.

Dieses Phänomen hat der eine von uns (Goldscheider) in seiner Dissertation „Die Lehre von den specifischen Energieen der Sinnes-

organe“ im Jahre 1881 kurz beschrieben: „wenn man mit einer Messerspitze schnell, am besten die Hohlhand berührt, so tritt momentan nur die Tastempfindung auf, welcher dann erst der stechende Schmerz folgt. Dasselbe kann man bei einem leichten Schlag mit der flachen Messerklinge wahrnehmen.“ Das empfindungslose Intervall war in der damaligen Fassung nicht besonders betont worden. Es ist hier zu berichten, dass O. Rosenbach im Jahre 1884 (Deutsche Med. Wochenschrift, S. 338): „Ueber die unter physiologischen Verhältnissen zu beobachtende Verlangsamung der Leitung von Schmerzempfindungen bei Anwendung von thermischen Reizen“) eine Beobachtung mitgetheilt hat, welche auf den ersten Blick hiermit identisch zu sein scheint: dass nämlich beim langsamen Einstechen in eine Stelle mit dicker Epidermis der Moment der Berührung von demjenigen des Schmerzes differenzirt werden könne, welchen letzteren er von der directen Insultirung der Nervenenden durch die weiter vordringende Nadel ableitet. Ohne bestreiten zu wollen, dass dieser Autor bei Gelegenheit seiner Versuche auch das oben beschriebene, sehr leicht zu bemerkende Phänomen der secundären Empfindung wahrgenommen haben kann, so geht doch aus seinen Worten das Eine sicher hervor, dass er darthun will, wie ein successive anwachsender Reiz bez. eine langsam in die Haut eindringende Nadelspitze zunächst eine Berührungsempfindung und nach einem gewissen Stadium weiteren Anwachsens bez. weiteren Eindringens einen Schmerz erzeugen könne oder mit anderen Worten, dass Berührungsempfindung und Schmerz verschiedenen Reizintensitäten entsprechen und dass letztere zeitlich auseinanderfallen, wenn der Reiz eine aufsteigende Reihe von Intensitätswerthen folgweise durchläuft. Bei unserem Phänomen dagegen handelt es sich darum, dass ein gegebener Reiz von abgegrenzter Intensität und Dauer zwei durch ein leeres Intervall getrennte Empfindungen erzeugt, von denen die zweite genau auf denselben Reiz zurückzuführen ist, wie die erste.

Weiter ist hier zu erwähnen, was wir einem Citat in der später ausführlicher zu besprechenden bedeutungsvollen Arbeit Naunyn's entnehmen, dass nach Burckhardt (Physiolog. Diagnostik, Leipzig 1875) die Leitung des Schmerzes durch das Rückenmark erheblich langsamer stattfindet wie die der nicht schmerzhaften Empfindung, sowie dass Beau bereits mittheilt, dass, wenn man sich mit einem Stock auf einen Leichdorn schlägt, der Schmerz um 1—2 Secunden später als die Berührung empfunden wird.

Auf dem Gebiete des Gesichtssinnes sind seit langer Zeit Erscheinungen bekannt, welche einige Aehnlichkeit mit der secundären Hautempfindung bieten. Aubert und Förster hatten gefunden, dass Licht-

eindrücke von so kurzer Dauer, wie sie dem electrischen Funken zukommt, Nachbilder erzeugen können und wir besitzen eine eingehende Beschreibung der hierbei wahrnehmbaren Einzelheiten von Aubert[1]). Im Allgemeinen handelt es sich bei Beobachtung im dunkeln Raum darum, dass ausser dem primären instantanen Lichteindruck positive Nachbilder entstehen, welche nicht sofort in voller Intensität vorhanden sind, und dass das zwischen dem Moment des Reizes und dem Zeitpunkt grösster Deutlichkeit des positiven Nachbildes bestehende Intervall eine merkbare Zeitgrösse ist, welche auf einen erheblichen Bruchtheil einer Secunde geschätzt wurde. Bei gewissen Versuchsbedingungen scheint ein Theil dieses Intervalls empfindungslos gewesen zu sein. Am deutlichsten geht dies aus der Modification der Plateau'schen Angabe über den zeitlichen Verlauf des An- und Abklingens des positiven Nachbildes hervor, wie sie in der genannten Arbeit in Fig. III, γ, graphisch gegeben und im Text S. 299 f. erläutert wird. Die Zeitdauer dieses empfindungslosen Intervalls ist später von v. Vintschgau und Lustig[2]) zum Gegenstand einer genauen Untersuchung gemacht und zu $^1/_5$ Secunde im Mittel gefunden worden. Bezüglich der Qualität der Erscheinung hatte Herr Lustig die Güte, uns persönlich folgendes mitzutheilen: Synchron mit dem Ueberspringen eines Funkens hatte er den Eindruck einer hellen Scheibe, entsprechend der kreisförmigen Oeffnung im Schirm, durch welche er auf den Funken blickte. Nachdem dieser Lichteindruck abgeblasst, entwickelte sich nach einem von Empfindung leeren Intervall ein deutliches positives Nachbild der hellen Scheibe, welches von der Peripherie her wieder verblasste. Ohne diese Angaben zu kennen, jedenfalls ohne sie zu erwähnen, hat A. Charpentier[3]) im vergangenen Jahre mitgetheilt, dass die einfache electrische Entladung durch eine Geissler'sche Röhre im Finstern als doppelter Blitz empfunden werde. In neuester Zeit hat C. Hess[4]) dieses Phänomen von Neuem untersucht, welches er folgendermaassen beschreibt:

„Wird eine weisse Scheibe auf lichtlosem Grunde kurze Zeit ($^1/_{100}$ Secunde oder weniger) sichtbar gemacht, so erscheint dieselbe während der Belichtung in einer bestimmten Helligkeit. Diese nimmt nach Schluss der Belichtung ausserordentlich rasch

---

[1]) Aubert, Ueber die durch den electrischen Funken erzeugten Nachbilder. Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre etc. Bd. V.

[2]) v. Vintschgau u. Lustig, Zeitmessende Beobachtungen über die Wahrnehmung des sich entwickelnden positiven Nachbildes eines electrischen Funkens. Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 33.

[3]) Dédoublement de la sensation lumineuse. Comp. rend. Société de Biol. 17. 5. 1890.

[4]) Untersuchungen über die nach kurzdauernder Reizung des Sehorgans auftretenden Nachbilder. Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 49. S. 190.

ab; bei beendigter Adaptation und passender Helligkeit der Lichtquelle scheint die Scheibe wohl auch für einen Augenblick vollständig zu schwinden oder es wird an ihrer Stelle ein meist nicht scharf begrenzter dunkler Kreisfleck sichtbar, der von einem etwas helleren Hofe umgeben ist. Dieses Bild ist von äusserst kurzer Dauer; an seiner Stelle taucht sofort ein scharf begrenztes helles Bild auf dunklem Grunde auf."

Wenn auch unverkennbare Analogieen zwischen dem Verhalten des positiven Nachbildes unter gewissen Bedingungen mit der secundären Hautsensation vorhanden sind, so muss man doch, da im Einzelnen viel Unterschiede bestehen und die Verhältnisse beim Auge vielleicht noch verwickelter liegen als bei der Haut, beide Erscheinungsgebiete vorläufig getrennt behandeln.

Für die Erklärung des Phänomens der secundären Empfindung ist nun von grundlegender Bedeutung, dass dieselbe vollkommen fehlt, wenn ein einzelner Oeffnungsschlag auf die Haut applicirt wird, dagegen durch eine Reihe solcher Reize hervorgebracht wird. Ein einzelner Oeffnungsschlag giebt an denselben Hautstellen, an welchen man das beschriebene Phänomen mit der Nadel sicher erzeugen kann, nur eine primäre Empfindung und zwar im ganzen Bereich der Reizstärke vom Schwellenwerth bis zum Auftreten excentrischer Empfindungen. Speciell tritt die Erscheinung auch nicht in den Bereich der Reizstärken ein, innerhalb welcher die Empfindungsstärke, nach den Erfahrungen von der zweckmässigsten Intensität des Nadelstiches, ein Optimum zur Hervorrufung des Phänomens sein sollte. Lässt man jedoch mehrere Inductionsschläge auf einander folgen, so tritt, durch ein leeres Intervall getrennt, die secundäre Empfindung ein, welche im Allgemeinen denselben Charakter hat wie die primäre, nur mit dem Unterschiede, dass sie nicht discontinuirlich ist. Auch hierbei liegt das Optimum bei mittleren Reizstärken.

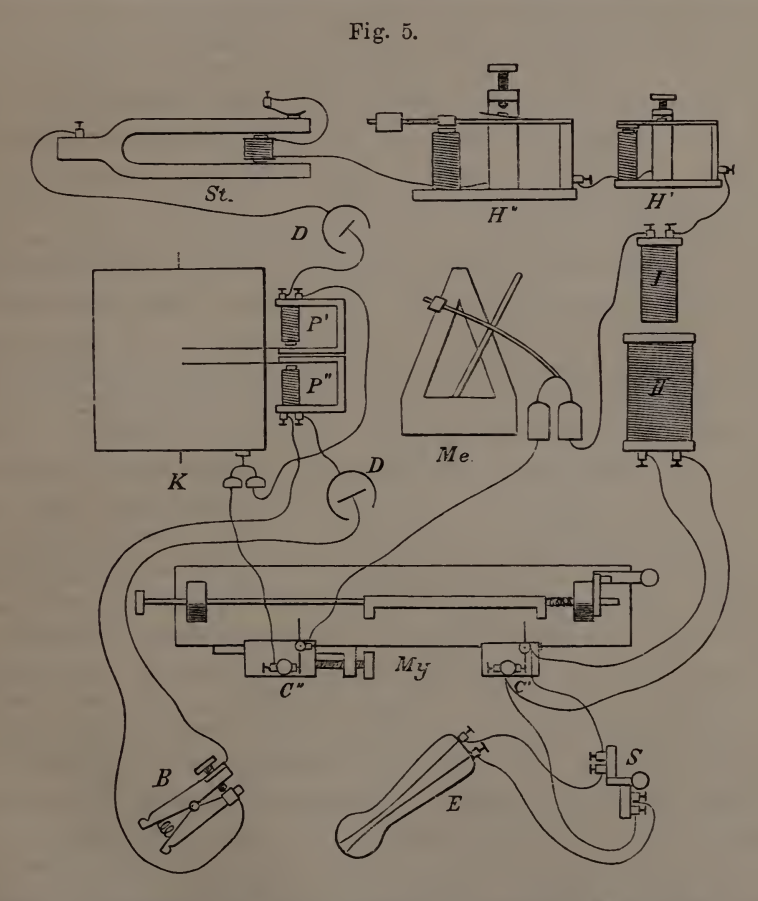
Um dem Verständniss von dem Wesen des Vorganges näher zu kommen, ergab sich zunächst die Aufgabe, die Bedingungen festzustellen, unter welchen eine Reihe von Reizen geeignet ist, das Phänomen der secundären Empfindung zu erzeugen.

II. Untersuchung von Reizreihen.

Um die zur Anwendung kommenden Reizreihen nach ihrer Dauer, dem Reiz-Intervall und der Reiz-Intensität beliebig variiren zu können, bedienten wir uns der nebenstehend skizzirten Anordnung. Die Reize bestanden in Inductionsschlägen der secundären Rolle (II.). In den primären Kreis waren behufs rhythmischer Stromunterbrechung ein schnell (bis 60 Mal in der Secunde) und ein langsam schwingender electromagnetischer Hammer (H′ und H″) und eine 100 Mal in der Secunde

schwingende Stimmgabel eingeschlossen. Kleinere Intervalle als $^1/_{100}$ Secunde gelangten nicht zur Verwendung. Der langsam schwingende Hammer gestattete das Reizintervall bis zu 200 σ zu vergrössern. Sollten grössere Reizintervalle angewendet werden, so ertheilten wir die Reize durch Metronom-Schwingungen. Die beiden jeweilig unthätigen Organe wurden durch Heranschrauben der Contacte in einfache Leitungsstücke verwandelt. Um die Dauer der Reizreihen zu variiren, bedienten wir uns dreier Vorrichtungen, welche ebenfalls dauernd der Anordnung eingefügt blieben: eines Metronoms (Me), eines Feder-Myographions (My) und einer unter der Kymographiontrommel angebrachten Quecksilber-

Fig. 5.



D Daniell. St Stimmgabel. H″ Grosser (langsam schwingender) Wagner'scher Hammer. H′ Kleiner (schnell schwingender) Wagner'scher Hammer. Me Metronom. My Feder-Myographion mit zwei Contacten C′ und C″. K Kymographion. P′, P″ Pfeil'sche Chronographen. B Beiss-Contact. S Vorreiberschlüssel. E Reiz-Electrode.

rinne (unter K). Das Metronom diente für mittlere Zeiten (von 100 σ bis 600 σ). An dem Pendel desselben war ein Querholz angebracht, welches an dem einen Ende einen Metallbügel trug. Letzterer tauchte bei jedem Hingang des Pendels in zwei mit Quecksilber gefüllte und je mit einem Theile der primären Leitung verbundene Gefässe ein und gestattete somit für eine gewisse Zeit Stromschlüsse an der Contactstelle des gerade thätigen schwingenden Apparates (H′ H″ oder St). Die Zeitdauer, während welcher der Bügel eingetaucht blieb, war einmal von der Schnelligkeit der Pendelschwingungen des Metronoms und zweitens von der Höhe des Quecksilberstandes abhängig und konnte somit durch zwei Mittel variirt werden. Bei schnellster Schwingung und niedrigstem Quecksilberstand betrug die Zahl 100 σ, bei langsamster Schwingung und höchstem Quecksilberstand gegen 600 σ. Für noch kürzere Reizreihen diente das Feder-Myographion. Um seine Verwendung darzustellen, ist es nöthig, schon jetzt den Weg des secundären Stromes vorgreifend zu schildern. Die Reiz-Electroden bestanden in einem Paar von Drähten, welche in einen handlichen Griff von Ebonit (E) mit kugeligem Ende eingefügt und nachdem sie letzteres durchbohrt, genau in dem Niveau der gewölbten Oberfläche abgeglättet waren. Ihre Entfernung von einander betrug hier 1 mm. Von diesem Organ aus ging die Leitung zunächst durch einen Vorreiberschlüssel S und dann weiter zu einer an dem Grundbrett des Feder-Myographions befestigten, nach dem Princip des Vorreiberschlüssels construirten Vorrichtung c′. Dieselbe stellt eine Nebenschliessung dar, welche in dem Moment geöffnet wird, wo der vorbeifliegende Rahmen des Myographions den vorragenden Hebel, welcher zugleich den Contact der Nebenschliessung trägt, wegstösst. Von diesem Organ aus gelangen die Drähte nunmehr zur secundären Spirale. In der Abbildung sind beide Nebenschliessungen geschlossen dargestellt. Der Vorrichtung c′ entspricht nun eine andere, ganz analog gebaute, jedoch am Myographion in der Längsrichtung verstellbare c″, welche mittelst eines Hebelwerks ein Leitungsstück für den primären Strom darstellt. Sobald der vorragende Hebelarm von dem vorderen Ende des vorgeschnellten Rahmens getroffen wird, ist der primäre Stromkreis geöffnet. Die Dauer der Reizreihe wird somit durch die Zeitdifferenz zwischen Oeffnung der Nebenschliessung in c′, in welchem Moment der Reiz in die Haut eintreten kann, und Unterbrechung in c″, in welchem Moment die Reizreihe aufhört, dargestellt. Dieser Zeitbetrag war je nach der Stellung, welche man c″ gab, variabel von 10 σ bis 140 σ. Verfolgen wir jetzt den Leitungsweg des primären Stromes weiter, so sehen wir ihn nunmehr in die dritte Vorrichtung gelangen, welche den Zweck hat, die grössten Längen der Reizreihen herzustellen.

Unter der rotirenden Trommel des Kymographions befindet sich ein flaches Holzgefäss mit zwei concentrisch laufenden ringförmigen Rinnen. Innerhalb derselben kann man durch Querhölzchen beliebig grosse Kammern abtheilen und mit Quecksilber füllen. Ein unten an der Trommel angebrachter Metallbügel taucht beim Rotiren derselben während eines Theiles der Umdrehung in das Quecksilber und hält den primären Kreis wärend dieser Zeit geschlossen. Die Dauer der Schliessung kann sowohl durch Veränderung der Umlaufsgeschwindigkeit wie durch Verkürzung oder Verlängerung der mit Quecksilber gefüllten Abtheilung variirt werden. Von hier aus gelangt die Drahtleitung nun endlich zu einem Pfeil'schen Chronographen P′, welcher die Reize an der Trommel markirt und dann zum Element zurück. Bei Reizen, welche mit sehr grossen Intervallen mittelst des schwingenden Metronoms ertheilt wurden, geschah das Abmessen der Reizreihen einfach durch die Hand des jeweiligen Assistenten mittelst des Vorreiberschlüssels S.

Ein besonderer Stromkreis diente zum Signalisiren der Empfindung, eine Vorrichtung, welche namentlich bei den Untersuchungen über die Zeiten des Eintritts der Empfindung verwendet wurde. Das Signalisiren geschah mittelst eines Beiss-Contactes B, während die Marken an der Trommel mittelst eines zweiten Pfeil'schen Chronographen P″ gemacht wurden.

Die Ausführung der Versuche geschah so, dass die jedesmalige Versuchsperson den kugeligen Theil des Ebonit-Griffs mit der Hohlhand umfasste bez. sich mittelst der Hand an irgend einer Hautstelle andrückte, während der andere den Apparat handhabte. Die jeweilige Einstellung bezüglich des Intervalles, der Frequenz und Dauer der Reize wurde während bez. vor jedesmaliger Prüfung der betreffenden Reihe durch Trommel-Umlauf controllirt und das Urtheil der Versuchsperson sofort auf der Trommel selbst, unter der betreffenden Versuchsreihe, vermerkt. Die Variation geschah nach zwei Richtungen; entweder wurde bei gleichbleibender Dauer der Reizreihe die Frequenz und damit zugleich das Intervall der Reize verändert, oder es wurde bei gleichbleibendem Reiz-Intervall die Zahl der Reize schrittweise vermehrt und dadurch zugleich die Reizdauer vergrössert. Ausser diesen systematischen Veränderungen wurden zu anderen Zeiten wieder von der den Apparat handhabenden Person willkürlich ausgewählte Proben, ohne eine bestimmte Ordnung, eingestellt.

Die von uns abgegebenen Urtheile über die bei jeder Reiz-Modification vorhandene Deutlichkeit und Qualität der secundären Empfindung waren nahezu übereinstimmend.

Gad.

Reize.	Intervalle in σ.																								
	10	15	16 bis 18	20	22 bis 23	25	26 bis 27	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170 bis 180	190 bis 200
2	1*)	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1.	.	1	.	.	1	1								
3	0.2	2	.	.	.	1	.	3.3	.	3	3.4	.	.	.	.	.	.	3								
4	1.3	4	.	3.4	.	.	.	4.3	.	4	.	4	.	.	.	.	4	4.3								
5	1.0	.	.	4	.	.	.	.	.	4.4	.	.	.	.	.	.	4									
6	4.3	4	.	4	.	.	.	.	4																	
7	4	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5.4	2											
8	4.3.4	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	4												
9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5																
10	4.4	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0			
11																										
12	4	.	.	.	.	.	.	.	3																	
13	4																									
14—15																										
16—17	4	.	.	.	.	.	.	3																		
18—19	4	.	.	.	.	.	.	2																		
20—24																										
25—26																										
27—30																										
31—34																										
35—36																										
40	3																									
44	2																									
50	2																									

[1]) zuweilen.

Reize.	Intervalle in σ.																																
	10	15	16 bis 18	20	22 bis 23	25	26 bis 27	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170 bis 180	190 bis 200	300	420	620	700	770	800	950
2	1.0.0	.	.	0	.	0.0	.	0.0	.	0.1 1.1	1.2	0.3 0	3.2	0.3 0.3	3	0.2	1.1 2	1	2.3	.	1	.	2	.	3	2	.	2	1 [2])	0	0	0	0
3	1	.	.	1	.	1	1	1.2	1	1.1.1 1.1	1.3	3.1	.	1	1.4	.	2.3	3.3 3.2	2	.	.	4	4.2	.	.	5	1	.	0				
4	1.2	1.4	.	2.1 4.2	1.2	4	.	3.4	3	3.2.4 3.2	3.3 3	3	.	3.4	.	1.3 3	.	2.3	2	1	.	2.4	2	.	1	.	.	.	.	0			
5	2.1	1	.	2.2 3.2	4	4	4	4	4	2.4	.	5	.	.	5	.	2	1.1	.	1	.												
6	3	.	.	.	.	.	.	.	.	2.4	.	4	.	3.4	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1									
7	2.3	4.4	3	4.4.3 4.3	.	5	.	.	.	4	.	3	,	4	2	.	.	.	.	.	.	0											
8	3.3.4	.	.	.	.	.	.	4	.	5.4	.	.	.	3	1	0																	
9	3	4																															
10	.	.	5	.	.	.	.	.	.	4.4	.	2	.	.	0																		
11	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0																	
12	4.3.3																																
13	4.3	.	4																														
14—15	3.3.3	.	.	.	.	.	.	.	4																								
16—17	5	.	.	.	1	.	.	.	.	0																							
18—10	3.3																																
20—24																																	
25—26	3	.	.	1																													
27—30																																	
31—34																																	
35—36	3 [1]).2																																
40	2	.	.	0																													
44																																	
50	1	.	.	0																													

[1]) schneidend. [2]) selten.

Was die locale Disposition der Haut für das Phänomen betrifft, so fanden wir die Volarfläche der Hand geeigneter als den Handrücken, sehr geeignet ferner die Vola des Handgelenks. Innerhalb dieses engen Bezirkes, in welchem sich fast ausschliesslich unsere Erhebungen bewegten, zeigten einzelne Stellen mehr, andere minder deutlich das Phänomen, so dass sich im Verlaufe der Untersuchungen gewisse Lieblingsstellen für das Anlegen der Electroden bei jedem von uns herausbildeten.

Bei den vorgenommenen Modificationen der Reize zeigte sich nun eine wesentliche Abhängigkeit der secundären Empfindung von der Beschaffenheit der Reizreihe. Alle Abstufungen von ganz fehlender bis stark ausgeprägter, von deutlich durch ein leeres Intervall abgesetzter bis zu confluirender secundärer Empfindung kamen vor. Die Beziehungen zur Reizreihe sind am besten aus einer übersichtlichen Zusammenstellung sämmtlicher von uns vorgenommenen Modificationen abzuleiten. In der Tabelle sind die Resultate der beiden Beobachter

(Die hierher gehörigen Tabellen s. vorstehend S. 404 und 405).

getrennt angegeben. Jede Angabe entspricht dem Eindruck, welcher aus einer Versuchsserie erwachsen war. Die Angaben sind bei beiden Beobachtern in den wesentlichen Punkten übereinstimmend; nur in einzelnen finden sich Differenzen bezüglich der Deutlichkeit des Phänomens. Ebenso zeigen sich auch bei einem und demselben Beobachter unter gleichen Bedingungen nicht selten Verschiedenheiten, jedoch fast stets nur unwesentlicher Art, ein Verhältniss, wie es bei derartigen subjectiven Erscheinungen nicht anders zu erwarten ist. Neben diesen in der Natur der Sache liegenden Schattirungen und Mannigfaltigkeiten sondern sich die Uebereinstimmungen in so scharfer Weise ab, dass man mit genügender Sicherheit gewisse Beziehungen des Phänomens zu den Bedingungen der Reize ablesen kann.

Was die geringste Zahl der zur Production der secundären Empfindung nothwendigen Reize betrifft, so zeigt sich, dass schon zwei Reize hierzu im Stande sind. Jedoch ist das Phänomen hierbei undeutlich und inconstant, und zwar ganz besonders bei sehr kleinen Intervallen der Reize, während bei Intervallen von 50 σ ab etwas bessere Angaben erzielt wurden. Günstiger sind schon drei Reize. Bei diesen tritt ganz besonders scharf die Bedeutung des Intervalles hervor. Eine auch nur „ziemlich deutliche“ secundäre Empfindung kam unter 30 σ Intervall überhaupt nicht zu Stande und bei dem einen von uns nicht unter 45 σ. Bei Intervallen von 140 und 150 σ wird sie überwiegend als „deutlich“, bei 190—200 σ sogar als „sehr deutlich“ bezeichnet. Erheblich bessere Bedingungen stellen vier Reize dar und es zeigt sich weiter, dass das

Intervall hierbei eine geringere Grösse haben darf, um noch eine deutliche Secundär-Empfindung zu Stande kommen zu lassen. So kommt schon bei 10 σ Intervall die Angabe „ziemlich deutlich" und bei 15 und 20 σ übereinstimmend von Seiten beider Untersucher die Angabe „deutlich" vor; noch eindrucksvoller tritt dies bei 30 σ entgegen. Bei grösseren Intervallen finden sich Divergenzen zwischen beiden Beobachtern, insofern der eine meist einen geringeren Grad von Deutlichkeit angiebt, als der andere. Jedoch ist trotzdem nicht zu verkennen, dass bei steigendem Intervall die Bedingungen allmälig schlechter werden, wenn auch die Grenze nicht scharf und für beide Beobachter nicht ganz gleichmässig zu ziehen ist. Das Gebiet, in welchem das Phänomen übereinstimmend besonders deutlich zu Stande kam, umfasst die Intervalle 30—60 σ. Eine wesentliche Abnahme der Deutlichkeit ist bei dem einen von uns von 100 σ ab zu erkennen, während bei dem anderen allerdings die Grenze höher gelegen zu sein scheint, aber wegen einer geringeren Vollständigkeit der Versuchs-Variationen nicht näher fixirt werden kann.

Aehnlich ist der Verlauf der Dinge bei fünf Reizen, nur dass hierbei der Erfolg überhaupt ein noch besserer und geringeren Schwankungen ausgesetzt war. Der Bereich der günstigsten Intervalle beginnt bei 20 σ bez. ein wenig darüber und reicht bis 90 bez. 70 σ. Bei 50 und 70 σ findet sich die Angabe eines Optimums. Die Verschlechterung des Erfolges bei weiterer Steigerung der Reizpausen ist hier sehr scharf und unzweideutig ausgeprägt.

Von sechs Reizen an tritt nun bereits das Intervall 10 σ in das Gebiet der günstigen Bedingungen ein und zugleich engt sich dieses Gebiet nach oben hin ein. Bei sieben Reizen findet sich übereinstimmend bereits oberhalb 60 σ Intervall ein Undeutlicherwerden des Phänomens; bei 140 σ kommt dasselbe überhaupt nicht mehr zu Stande. Werden acht Reize applicirt, so kann sich dieser Misserfolg schon bei 80 σ Reizpause zeigen; bei zehn Reizen genügt hierzu eine solche von 70 σ, und 50 σ Intervall ist schon deutlich im Nachtheil gegenüber 40 σ. Hält sich aber das Reiz-Intervall in den nöthigen Grenzen, so kommt die secundäre Empfindung, gleichgültig ob fünf oder zehn Reize, innerhalb dieses Gebietes der Reiz-Variationen gerade mit ganz besonderer Deutlichkeit und Sicherheit zu Stande. Auch die weitere Vermehrung der Reizzahl gestattet für sehr kleine Intervalle noch immer die deutliche Beobachtung des Phänomens. Allein auch dies hat seine Grenze, so dass bei 35—40 Reizen auch für das Intervall 10 σ übereinstimmend eine, nach oben hin weiter zunehmende Abschwächung der Erscheinung eintritt. Möglich, dass durch eine noch weiter gehende Verkleinerung des Intervalls die Grenze noch höher gerückt werden könnte. Be-

merkenswerth ist, dass bei 40 Reizen schon 20 σ Reizpause genügen, um die secundäre Empfindung ausbleiben zu machen.

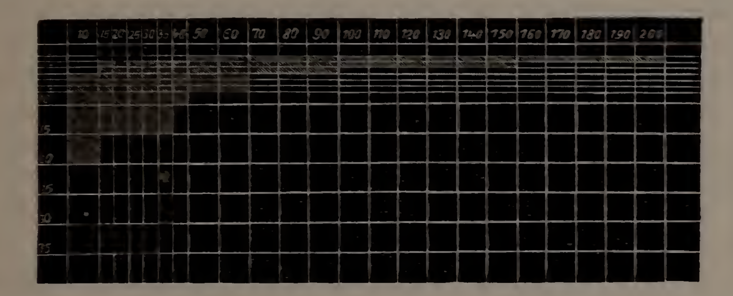
Wenn wir nunmehr die Frage nach den zulässigen Grenzen des Reiz-Intervalles stellen, so ist in der eben gewonnenen Einsicht in die Beziehung desselben zur Reizanzahl bereits eine Antwort gegeben. Das zulässige Intervall muss hiernach, ganz allgemein ausgedrückt, mit steigender Reizzahl verringert werden. Allein welche Werthe darf es bei den geringsten zulässigen Zahlwerthen der Reize — und wir sahen, dass schon zwei Reize in dieses Gebiet gehören — erreichen? Wie die Tabelle darthut, liegt die Grenze der absoluten Erfolglosigkeit für zwei Reize bei einem Intervall zwischen 600 σ und 700 σ. Bei 620 σ ist das Phänomen sehr inconstant, und wenn es zu Stande kommt, immerhin undeutlich; bei 700 σ bleibt es ganz aus. Bei drei Reizen haben sich die Verhältnisse des Intervalles schon geändert. Auffallend ist hier namentlich der schnelle Absturz von 200 zu 300 σ, vom höchsten zum geringsten Grade der Deutlichkeit. Ziemlich jäh verengt sich auch weiterhin, wenn wir in der Tabelle nach abwärts gehen, dass zulässige Maass der Reizpause. Bei vier Reizen ist 170—180 σ undeutlich, während wir dieses Intervall bei drei Reizen im Gebiet der grössten Deutlichkeit finden. Sieben Reize lassen das Intervall 140 σ, acht Reize das von 80 σ, zehn Reize das von 70 σ nicht mehr zu. Bei 16—17 Reizen ist die Grenze des negativen Erfolges schon bis 40 σ und bei 40 Reizen gar bis 20 σ herangerückt.

Wir haben somit zwei bemerkenswerthe Erfahrungen zu verzeichnen. Die eine schien anzudeuten, dass das Zustandekommen der secundären Empfindung von einem bestimmten Verhältniss zwischen Reizzahl und Reizintervall ganz unabhängig sei: wir fanden bei einer und derselben Reizzahl sehr verschieden grosse Intervalle nicht blos als zulässig, sondern sogar im Gebiete der besonders günstigen Bedingungen, und ebenso bei einem und demselben Intervall sehr verschieden grosse Reizzahlen. Aber die andere Erfahrung musste diese Anschauung modificiren, denn es zeigte sich, dass diese Variabilität nur einem umgrenzten mittleren Gebiet angehört, und dass bei einer grösseren Zahl von Reizen nur sehr geringe Variationen des Intervalles, bei einem grösseren Intervall nur sehr geringe Variationen der Reizzahl erlaubt sind. Die Combination beider Erfahrungen lässt nur eine Deutung zu, nämlich, dass die Dauer der Reizapplication an eine gewisse obere Grenze gebunden ist, dass aber unterhalb dieser Grenze das Verhältniss von Reizzahl zu Reizpause kein bestimmtes zu sein braucht. Diese Vorstellung wird nun weiter präcisirt durch den Umstand, dass auch eine untere Grenze dieser Reizdauer zu constatiren ist. Es zeigt sich nämlich, dass das zulässige Reizintervall, wie es sich für grössere Reizzahlen nach oben, so für sehr

geringe nach unten zu verengt. Bei zwei Reizen sind Intervalle unter 40 σ nahezu constant ohne Erfolg und erst von 50 σ an kommt eine „ziemlich deutliche“ Secundärempfindung vor; ein Ueberwiegen des Erfolges gegen den Nichterfolg eigentlich erst von 70 σ an. Bei drei Reizen wird das Gebiet annähernder Deutlichkeit erst mit 30—45 σ erreicht. Vier Reize fördern schon bei 14 σ das Urtheil „deutlich“ zu Tage, bei 10 σ in der einen Versuchsserie „ziemlich deutlich.“ Bei sechs Reizen endlich zeigt das zur Deutlichkeit zulässige Intervall nach unten zu keine Beschränkung mehr — wenigstens für das bei unserer Versuchsanordnung zur Anwendung gekommene Minimum von $^1/_{100}$ Secunde.

Wir haben diese aus den Tabellen hervorgehenden Festsetzungen in die Form eines Diagramms (Fig. 6) gebracht, welches die eben entwickelte Vorstellung vollauf bestätigt. Das schraffirte Feld ist das Gebiet der optimalen Versuchsbedingungen, in welchem also die Reizcombinationen in

Fig. 6.



sehr weiten Schwankungen aus einander gehen können. Dieses Feld zieht sich aber sowohl nach unten wie nach oben spitz aus. Hiernach dürfte unter Berücksichtigung der aus den Abgrenzungen der Diagramm-Figur ersichtlichen Zahlenwerthe etwa folgende Aufstellung berechtigt sein: Die secundäre Empfindung kommt mit Deutlichkeit zu Stande, wenn während einer Zeit von 80 (bez. 60) σ bis 400 σ (bez. etwas mehr) eine beliebige Anzahl von rhythmisch sich folgenden Reizen applicirt wird. Wenn diese Grenze überschritten wird, so kann das Phänomen zwar in undeutlicher und inconstanter Weise noch erfolgen, allein man nähert sich alsbald derjenigen Grenze, bei welcher überhaupt keine secundäre Empfindung zu erzielen ist (zwischen 600 und 700 σ gelegen).

Unterhalb der angegebenen Grenze kann gleichfalls noch eine undeutliche Secundärempfindung zu Stande kommen, sogar bis zu einer Dauer der Reizreihe von 11 σ hin (2 Reize mit 10 σ Intervall), aber es überwiegt in ganz erheblicher Weise der Nichterfolg.

Die Relation zwischen Reizzahl und Intervall innerhalb dieses grossen Gebietes der gestatteten Combinationen kann in folgender Weise ausgedrückt werden: Mit wachsendem Reizintervall nimmt die Anzahl der zur Deutlichkeit der secundären Empfindung erforderlichen Einzelreize ab, mit abnehmendem Intervall muss die Reizzahl wachsen. Da bei allen Reizintervallen die gestattete Gesammtdauer der Reizreihe bezüglich ihrer oberen Grenze dieselbe bleibt, so darf bei kleinem Reizintervall die Gesammtzahl der Einzelreize einen beträchtlich grösseren Werth erreichen, als bei grossem Intervall. Fragt man, welches Intervall am meisten geeignet ist, um in möglichst kurzer absoluter Dauer der Reizreihe eine deutliche Secundärempfindung entstehen zu lassen, so beantwortet sich dies dahin, dass dies das kleinste Intervall ist.

Es erübrigt nunmehr, den Einfluss der Intensität der Reize auf das Zustandekommen des Phänomens zu erörtern. Bereits bei der allgemeinen Beschreibung desselben war darauf hingewiesen worden, dass eine mittlere Reizstärke am zweckmässigsten zum Hervorbringen der secundären Empfindung ist. Die näheren Untersuchungen bestätigten dieses Verhalten auch für Reizreihen. Es kann dies nicht überzeugender dargethan werden, als durch einfache Mittheilung eines hierauf bezüglichen Versuchsprotocolls:

4 Reize mit 50 σ Intervall, 1 Daniell, rechter Handteller (Gad).

5,1 cm Rollenabstand: Primäre Empfindung jedesmal vorhanden, eben merklich. Secundäre Empfindung nur ausnahmsweise zu bemerken.

4.0 cm Rollenabstand: Primäre Empfindung von mässiger, gleichgültiger Stärke, zum Zählen einladend. Secundäre Empfindung jedesmal deutlich vorhanden, durch ein langes Intervall von der primären getrennt, stechend.

3,3 cm Rollenabstand: Primäre Empfindung stärker, noch gleichgültig. Secundäre Empfindung deutlich, etwas schwächer als die primäre.

2,5 cm Rollenabstand: Primäre Empfindung etwas unangenehm, mit excentrischer Sensation verbunden, stechend. Secundäre Empfindung schwächer als die primäre. Intervall zwischen primärer und secundärer Empfindung nicht mehr so deutlich.

2,0 cm Rollenabstand: Sehr unangenehme stechende primäre Empfindung. Secundäre Empfindung fehlt ganz. An die primäre Empfindung schliesst sich eine langsam abklingende Nachempfindung an, innerhalb welcher die secundäre Empfindung unterzugehen scheint.

1,5 cm Rollenabstand: An die primäre sehr unangenehm stechende schliesst sich unmittelbar eine heftig schneidende allmälig abklingende Empfindung an. Keine Secundärempfindung.

Die Wahrnehmung, dass bei gleichen Reizbedingungen das Phänomen an einzelnen Stellen der Haut deutlicher war, als an anderen, dürfte sich zum grossen Theil gleichfalls durch den Einfluss der Empfindungs-Intensität, wie sie, abgesehen von der Reizstärke, auch durch die locale Empfindlichkeit der Haut bedingt ist, erklären. Denn bei Anwendung sehr geringer Reizstärken, bei welchen die secundäre Empfindung sehr inconstant auftrat, konnte durch Verschieben der Electrode alle Male dort das Phänomen deutlich gemacht werden, wo auch die primäre Empfindung merklicher war.

Bei längeren Reizreihen gestaltet sich der Einfluss der Intensität der Reize insofern complicirt, als schon die primäre Empfindung im Verlaufe der Reizreihe wuchs. Wurde ein Reiz, welcher einzeln eine mässig starke Empfindung erzeugte, in kleinen Intervallen zu einer Reihe gehäuft, so konnte die primäre Empfindung am Ende der Reihe unangenehm schmerzhaft werden und die secundäre Empfindung richtete sich, wie sich herausstellte, bezüglich ihrer Deutlichkeit nun nicht nach der Empfindung des einzelnen herausgegriffenen Reizes, sondern verhielt sich dem Totaleindruck der ganzen Reihe gemäss. Die Erscheinung, dass die Empfindung im Verlaufe der Reihe an Intensität zunimmt, ist bekannt und von Richet und anderen hervorgehoben worden. Es ergab sich daraus nun eine Schwierigkeit für die Untersuchungen über den Einfluss der Reizbedingungen. Denn es war nicht angängig, bei der Variation der Reizbedingungen nach Zahl, Intervall, Dauer die Reiz-Intensität in gleicher Weise zu bemessen, da die Stärke der primären Empfindung trotz gleichbleibender Reizstärke sich eben mit jenen Bedingungen veränderte und somit zu den obigen Variabeln nunmehr noch ein unbeabsichtigtes variables einflussreiches Moment hinzugekommen wäre. Es wurde deshalb mit der Veränderung jener Bedingungen auch zugleich die Reiz-Intensität verändert und zwar empirisch so bemessen, dass der Gesammteindruck der jedesmaligen Reihe, wie er sich in der primären Empfindung ausdrückte, einer mässigen Empfindungs-Intensität entsprach, wie sie sich eben als am zweckmässigsten für das Zustandekommen der secundären Empfindung erwiesen hatte. Die zu wählende Intensität wurde dann jedesmal noch in der Weise näher präcisirt, dass bei Steigerung bez. Abschwächung der Reizstärke unter den gegebenen Bedingungen des Phänomen der secundären Empfindung undeutlicher wurde. Die Regelung der Reizstärke erfolgte somit nach subjectiver Abschätzung und es mögen manche Divergenzen der oben tabellarisch zusammengestellten Angaben bei gleichen Reizbedingungen auf diesen Umstand zurückzuführen sein.

Was die Qualität der secundären Empfindung betrifft, so stellt

sich dieselbe bei optimalen Bedingungen als ein schnell auftauchendes und kurz dauerndes fein-stechendes Gefühl von nicht schmerzhaftem Charakter dar; es gewährt dabei nicht den Eindruck eines von aussen auf die Haut wirkenden Stiches, sondern einer mehr im Innern der Haut entstehenden Sensation. Bei grösserer Intensität kann es irradiirend werden und dieses irradiirte Gefühl kann gelegentlich einen kitzelnden Charakter haben. Bei einer sehr geringen Reizzahl, 2—3 Reizen, pflegt die secundäre Empfindung weniger distinct, sondern mehr verbreitert zu erscheinen. Unter gewissen Umständen verliert sie das stichartige und schnell ablaufende Wesen und wird vielmehr verlängert, langsam abklingend und dabei schneidend. Dies geschieht entweder dann, wenn die primären Reize sehr stark sind, so dass die primäre Empfindung einen unangenehmen Charakter hat, oder wenn dieselben sehr gehäuft, zu 14, 16 und mehr an einander gereiht werden. Es lassen sich hierbei folgende Formen der secundären Empfindung unterscheiden: Bei einer noch mässigen Reizzahl, etwa 10 Reizen zu 40 σ Intervall, beginnt die secundäre Empfindung stechend, wird aber statt abzufallen schneidend. Bei grösserer Reizzahl bez. Vermehrung der Reizstärke beginnt sie gleich schneidend. Bei noch weiterer Vermehrung der Reizzahl, besonders wenn gleichzeitig die Gesammtdauer der Reizreihe vergrössert wird, ist sie nicht mehr durch ein leeres Intervall von der primären Empfindung abgesetzt, sondern schliesst sich unmittelbar an diese als eine schneidende, langgezogene, allmälig abklingende Empfindung an.

III. Ueber die Latenzzeit der secundären Empfindung bei electrischer Reizung.

Um das Zeit-Intervall zu bestimmen, welches zwischen der primären und dem Auftreten der secundären Empfindung vergeht, war es nothwendig, je nach der Art der Reizreihen verschiedene Modiificationen der Versuchsanordnung vorzunehmen. Handelte es sich um Reize in grösseren Intervallen als 10 σ, so wurde die Stimmgabel statt in den Reizkreis mit dem Beiss-Contact und dem einen Pfeil'schen Chronographen P″ in den zeitmessenden Stromkreis eingeschaltet. Fig. 7 ist ein Beispiel der bei dieser Anordnung gewonnenen Curven.

Fig. 7.

c

a

Die Reize (a) wurden mittelst Schwingungen des einen der beiden Wagner'schen Hämmer ertheilt. Derselbe gerieth in Thätigkeit, sobald der Drahtbügel des Metronoms in das Quecksilber tauchte. Bei den rhythmischen Bewegungen des Metronoms war ein sicheres sofortiges Ansprechen des Wagner'schen Hammers zu erzielen. Die Stimmgabel St. schwang fortwährend und verzeichnete mittelst des Chronographen P″ eine Zeitcurve. Die secundäre Empfindung wurde durch Oeffnen des Beiss-Contactes signalisirt, was die Stimmgabelschwingung sofort sistirte (c). Die Messung geschah durch Projection von a auf die Zeitcurve und Auszählung der letzteren. Von den sich rhythmisch folgenden Aufzeichnungen der Hammerschwingungen ist in der Abbildung nur eine ausgeschnitten und zwar eine solche, welche in Folge zeitweiser Oeffnung des Vorreiberschlüssels S als Reizmittel wirkte. Die Figur ist von rechts nach links zu lesen.

Wurden dagegen Reize mit 10 σ Intervall applicirt, wobei die Stimmgabel als Reizgeber functionirte, während die Dauer der Reizreihe mittelst des Metronoms geregelt wurde, so befand sich im Signalkreis nur der Beiss-Contact und der Pfeil'sche Chronograph P″. Die Stimmgabel gerieth während der Dauer des Eintauchens des Metronom-Bügels in Schwingungen, welche sie mittelst des Chronographen P′ verzeichnete. Von den rhythmisch sich folgenden Reizreihen wurde seitens des jedesmaligen Assistenten nach vorheriger Avertirung durch Oeffnen des Vorreiberschlüssels S je eine herausgeschnitten. Fig. 8 stellt ein Beispiel dieser Art dar.

Fig. 8.



Die erste, mit c bezeichnete Reihe, ist zur Reizwirkung gelangt, während die folgende bereits wieder abgeblendet ist. Das erste Signal a ist auf die primäre Empfindung gegeben — dies geschah nur in einem Theile der Versuchsserien — das zweite b auf die secundäre Empfindung. (Der Chronograph P″ befand sich bei diesem Versuch über P′.) Die Art der Aussmessung ergiebt sich aus der später durchgezogenen Senkrechten. Die Figur ist von links nach rechts zu lesen.

Die dritte Modification fand statt, wenn es sich um eine geringe Zahl von Reizen bei 10 σ Intervall handelte. Hierbei befand sich die Stimmgabel wieder von vornherein im schwingenden Zustande. Der Vorreiberschlüssel S war stets geöffnet. Der vorschnellende Rahmen des Myographions öffnete zunächst den abblendenden Contact c′, so dass die Reize den Electroden zuzufliessen begannen, sodann den zweiten in den primären Kreis eingeschalteten Contact c″, dessen Oeffnung somit Stillstand der Stimmgabel-Schwingungen setzte. Fig. 9 zeigt, wie hierbei die Zeitmessung vorgenommen wurde.

Fig. 9.



Das Ende der Schwingungen c bezeichnet das Ende der Reizreihe, der Anfang derselben ergiebt sich einfach aus der empirisch festgestellten Zeitdauer, welche das Myographion bedarf, um von dem einen zum andern Contact zu gelangen. Dieselbe wechselt natürlich mit der variablen Entfernung der Contacte und wurde durch vielfältige Controll-Versuche für jede Distanz bestimmt. a entspricht dem Signal des Beiss-Contactes (P″ war über P′). Die Figur ist von links nach rechts zu lesen.

Im Allgemeinen beträgt die Zeit, welche zwischen dem Ende der Reizreihe und dem Beginn der secundären Empfindung vergeht, $^{9}/_{10}$ Secunde. Dieser Werth bezieht sich auf die Hand und entspricht der Mehrheit derjenigen Bedingungen, bei denen überhaupt das Phänomen mit voller Deutlichkeit erzeugt wird. Jedoch scheint es individuelle Verschiedenheiten in dieser Hinsicht zu geben, da bei dem einen von uns (Gad) die betreffende Zeit fast durchgängig etwas kürzer war als bei dem andern; die Differenz betrug im Durchschnitt 120 σ.

Was nun die Abhängigkeit dieses Zeit-Intervalles von verschiedenen Bedingungen betrifft, so ist zunächst hervorzuheben, dass dasselbe verlängert erscheint, wenn die secundäre Empfindung weniger deutlich zu Stande kommt. Diese Erfahrung erinnert an eine ähnliche bei der einfachen Reactionszeit einer Empfindung bestehende Beziehung. Wie verhält es sich nun mit der in Rede stehenden Zeitfrist, wenn optimale oder nahezu optimale Reizbedingungen bezüglich Zahl und Intervall der Reize variirt werden — und wir haben oben gesehen, dass eine ziemlich ausgedehnte Variation derselben möglich ist?

Es hat sich herausgestellt, dass der Zeitbetrag vom Ende der Reizreihe bis zur secundären Empfindung bis auf irrelevante Schwankungen derselbe bleibt, ob drei Reize oder fünfzehn eingewirkt haben, ob das Intervall 10 σ oder 60—70 σ betrug, ob die Reizreihe 30 σ oder 370 σ dauerte! Aus den nebenstehenden Tabellen, in welchen die beiderseitigen Resultate nach Mittelwerthen aus grösseren Versuchsreihen aufgeführt sind, geht dies deutlich hervor. Zugleich ist daraus der individuelle Unterschied ersichtlich.

In dem unteren Abschnitt der Tabelle ist eine Gruppe von Versuchsreihen zusammengestellt, welche sämmtlich dasselbe Reiz-Intervall 10 σ, jedoch bei sehr grosser Reizzahl, von 26—49 zeigen. Fasst man zunächst einmal die rechtsstehenden Serien in's Auge, so fällt auf, dass

sich die Zeitwerthe nun nicht mehr so wie vorher verhalten, sondern mit wechselnder Länge der Reizreihe abnehmen, so dass also die secundäre Empfindung immer mehr an das Ende der Reizreihe heranrückt. Erinnert man sich hierbei, dass (vergl. die früheren Tabellen) für das Intervall 10 σ die Deutlichkeit der secundären Empfindung abnahm, wenn die Reizzahl über 17 wuchs — bei dem in Rede stehenden Beobachter — so ist in Zusammenfassung beider Wahrnehmungen der Schluss zu ziehen, dass *das Zeit-Intervall zwischen dem Ende der Reizreihe und der secundären Empfindung sich verkürzt, sobald die Reizreihe über das zur Erzeugung einer optimalen secundären Empfindung nothwendige Maass hinauswächst.*

Gad.

Zahl der Reize.	Dauer der Reize.	Intervall der Reize.	Latenz-Zeit.
3	30	10	805
15	150	10	870
3	120	55	860
4	160	50	830
8	150	20	840
6	310	60	810
7	370	60	760
7	390	63	800
26—30	280	10	740
31—35	330	10	820

Goldscheider.

Zahl der Reize.	Dauer der Reize.	Intervall der Reize.	Latenz-Zeit.
3	30	10	970
15	150	10	980
3	150	70	920
4	130	40	950
8	150	20	940
4	190	60	1010
5	250	60	960
6	290	55	1000
6	310	60	970
7	370	60	960
7	390	63	1030
26—30	280	10	810
31—35	330	10	810
36—40	380	10	760
41—45	430	10	700
46—49	480	10	680

Bezeichnet man denjenigen ersten Theil einer Reizreihe, welcher die optimalen Bedingungen für das Zustandekommen des Phänomens in sich enthält, als „*Auslösungswerth*“ für die secundäre Empfindung, so steht letztere zu diesem Auslösungswerth in einem ziemlich constanten zeitlichen Verhältniss, welches dadurch nicht geändert wird, dass durch Fortsetzung der Reizreihe der Auslösungswerth überschritten wird. Wenn jedoch der Auslösungswerth nicht ganz erreicht wird, so dass die secundäre

Empfindung nicht deutlich wird, so verlängert sich die Zeit, gleich als ob sie von einem imaginären, hinter dem Ende der Reizreihe gelegenen Auslösungswerthe ausginge. Diese Auffassung der Verhältnisse dürfte auch im Stande sein, die bei gleichen äusseren Reizbedingungen innerhalb einer Versuchsreihe auftretenden Schwankungen der Einzelresultate — nur die Mittelwerthe sind in der Tabelle aufgeführt — zu erklären.

Wenn wir zur Begründung dieser Anschauung uns nur der Resultate des einen Beobachters bedient haben, so geschah dies deshalb, weil bei dem andern von uns die hier in Frage kommenden langen Reihen nicht so vollständig in Angriff genommen wurden, um bindende Schlüsse zu gestatten. Der Umstand, dass in den Reihen von 26—30 und 31—35 Reizen die Verkürzung des Zeit-Intervalls nicht mit solcher Deutlichkeit hervortritt wie bei dem andern Beobachter, wenn sie auch bei der Reihe 26—30 nicht zu verkennen ist, dürfte dahin zu erklären sein, dass die Breite der optimalen Reizbedingungen bei jenem grösser ist und dass daher der Auslösungswerth weniger schnell überschritten wird.

Wird die Reizreihe noch weiter verlängert als in den eben besprochenen Versuchsreihen, so kann es schliesslich dazu kommen, dass ein merkliches Zeit-Intervall zwischen primärer und secundärer Empfindung überhaupt nicht mehr vorhanden ist, letztere vielmehr mit der ersteren zu confluiren scheint. Regelmässig tritt dies ein — in den Fällen, wo überhaupt noch eine der secundären homologe Empfindung zu constatiren ist — wenn die Dauer der primären Reihe 800 σ erreicht bez. überschreitet; es kann jedoch auch schon bei kürzerer Dauer der Reizreihe eintreten.

IV. Ueber die Latenzzeit der secundären Empfindung bei mechanischer Reizung.

Um Intensität, Dauer und Steilheit der mechanischen Reize zu bemessen und zu controlliren, bedienten wir uns folgender Vorrichtung: Eine nach Art des Marey'schen Tambours hergestellte und mit einer Handhabe versehene Kapsel trug auf der Mitte der Gummimembran senkrecht befestigt eine Nadel. Diese Aufnahmekapsel war mittelst Schlauches mit einer registrirenden Kapsel verbunden, welche den Verlauf des mechanischen Eindrucks auf der rotirenden Trommel verzeichnete. Darunter wurde die zeitmessende Curve gezogen, welche durch den Beiss-Contact unterbrochen werden konnte. Da für stärkere Reize wegen der Beweglichkeit der Gummimembran diese Vorrichtung nicht ausreichte, so benutzten wir zur Erzeugung derselben folgende: Eine starke cylindrisch gewickelte Spiralfeder trug eine Nadel an ihrem Ende. Das cylindrische Lumen der Spiralfeder enthielt ein Glasrohr, welches natürlich die Feder nirgends berührte, und welches an seinem vor der Nadel liegenden Ende mit einer Membran so abgeschlossen war, dass das stumpfe mit der Feder ver-

bundene Nadelende bei der Gleichgewichtslage der Feder unmittelbar auf der Membran ruhte. Das freie Ende des Glasrohrs, welches an der Handhabe der Spiralfeder befestigt war, wurde mit einem Schlauch überzogen, welcher zur Marey'schen registrirenden Kapsel führte.

Bei dem Eindruck mit der Nadel auf die Haut zeichnet der Hebel auf die rotirende Trommel eine auf- und absteigende Curve. Die erregende Wirkung des Eindrucks steht sowohl zu dem höchsten Ordinatenwerth der Curve, wie zur Steilheit des Ansteigens, vielleicht auch zur Abscissenlänge — Dauer — derselben in Beziehung. Der abfallende Theil der Curve trägt aller Wahrscheinlichkeit nach zur Reizwirkung wenig mehr bei. Rechnet man daher die Latenzzeit der secundären Empfindung vom Ende der Curve ab, so entspricht dies nicht ganz dem bei den electrischen Reizen geübten Verfahren, wo wir dieselbe vom Ende der Reizreihe ab rechneten. Bei der sehr allmälig abfallenden Curve hat es aber wieder etwas Missliches, vom Beginn des abfallenden Theiles ab die Bestimmung treffen zu wollen. Für die sehr kurz dauernden mechanischen Reize nun erledigt sich diese Schwierigkeit durch die Geringfügigkeit der in Betracht kommenden Zeittheilchen, wie wir sogleich sehen werden.

Um mit den stärkeren Reizen zu beginnen, welche sich bei der Spiralfeder durch Curven von 1—3 mm Höhe, gleichmässig steilem An- und Abstieg und einer mittleren Dauer von 110—120 σ darstellten, und welche diejenige Intensität des Eindrucks repräsentiren, welche für die Erzeugung des Phänomens ein Optimum ist, so betrug hierbei die vom Ende der Reiz-Curve bis zum Signal der secundären Empfindung verstreichende Zeit (an der Hand) im Mittel bei dem einen von uns (Gad) 1060 σ, bei dem andern (Goldscheider) 920 σ. Es zeigte sich also wiederum ein individueller Unterschied, jedoch merkwürdiger Weise im umgekehrten Sinne wie früher. Uebrigens aber trat derselbe späterhin, als die Bedingungen noch genauer controllirt wurden, mehr zurück (vergl. Tabellen). Abgesehen hiervon ist aber das bemerkenswerthe Factum zu constatiren, dass das betreffende Zeitintervall nahezu bezw. ganz denselben Werth wie bei electrischen Reizreihen hat.

Die Schwankungen der Dauer des mechanischen Eindrucks zeigten sich bei diesen kurzdauernden Berührungen ohne Einfluss; ebenso auch die Verschiedenheiten der Höhe. Letzteres geht aus folgender Gruppirung der Werthe hervor:

Höchste Ordinate der Curve.	Zeit-Intervall.
2 mm	1040 σ (im Mittel)
1,5 „	1017 σ („ „)
zwischen 1,5 und 1 mm	1040 σ („ „)
1 mm	1039 σ („ „)
0,5 „	1010 σ („ „)

Die Unterschiede der Steilheit sind bei den geringen Werthen der Zeitdauer so unbedeutend, dass ihre Untersuchung auf andere Weise erfolgen musste. Zuvörderst mögen aber die Ergebnisse bei schwacher Reizung besprochen werden. Bei der Vornahme dieser Prüfungen wurde die Berührung so vorgenommen, dass die Nadel — es handelt sich jetzt um die zuerst beschriebene Vorrichtung — möglichst gleichmässig gegen die Haut gedrückt, die Tiefe des Eindrucks aber variirt wurde. Demgemäss unterschieden sich die Curven bezüglich der Steilheit sehr wenig, wohl aber bezüglich der höchsten Ordinatenwerthe, jedoch so, dass es sich immer um schwache Eindrücke handelte; erst bei den zuletzt aufgeführten Berührungen von 7—8 mm Höhe des Hebelausschlages kann man von einem mässigen Tasteindruck sprechen. Die Ergebnisse sind nach der Grösse des Ausschlages zusammengestellt:

Höchste Ordinate der Curve.	Zeit-Intervall.
3,5 mm	900 σ (im Mittel)
4,0 „	900 σ („ „)
5,0 „	940 σ („ „)
5,5 „	1040 σ („ „)
6,0 „	960 σ („ „)
7,0 „	980 σ („ „)
7,5 „	890 σ („ „)
8,0 „	760 σ („ „)

Das Zeitintervall, welches wieder vom Ende der Reizung an gerechnet wurde, hatte also hierbei dieselben Werthe, wie oben. Die mittlere Dauer der Reizung jedoch war grösser, betrug nämlich 290 σ (oben 110—120 σ). Wir stossen somit hier auf eine analoge Erscheinung wie bei den electrischen Reizen, dass nämlich die Verlängerung der Reizdauer, ohne Ueberschreitung des Auslösungswerthes, nichts Wesentliches am Zeitintervall ändert. Die feineren Unterschiede in der Stärke der Berührung waren wiederum ohne jeden nachweisbaren Einfluss auf die Intervallzeit. Nur bei 8 mm Ausschlag zeigte sich eine Verkürzung derselben.

Nunmehr wurden Untersuchungsreihen angestellt, um den Einfluss der Steilheit der Reize zu prüfen. Dies geschah gleichfalls mit der erst beschriebenen leicht beweglichen Vorrichtung. Die Nadel wurde vorsichtig und langsam, bald mehr, bald weniger, an die Haut angedrückt, während das Abheben ziemlich schnell geschah; der abfallende Theil der Curve war daher meist mässig steil. Schwankungen in der Höhe der Curven konnten natürlich nicht vermieden werden.

Es zeigte sich nun, dass, wenn man das Zeitintervall bis zum Auftreten der secundären Empfindung vom Beginn der Reizung an rechnet, dasselbe bei steileren Reizen viel kürzer ist als bei flach ansteigenden. Dies kann auch nur wieder so aufgefasst werden, dass der

Auslösungswerth bei steileren Reizen früher erreicht wird. Denn die nähere Untersuchung lässt erkennen, dass der betreffende Zeitwerth bei flacheren Reizen im Allgemeinen nur um so viel denjenigen bei steileren Reizen übertrifft, als die Dauer der mechanischen Reizung beträgt, welche bei letzteren natürlich geringer ist. Es ist daher das Zeitintervall bis auf unbedeutende Schwankungen in beiden Fällen dasselbe, wenn man es vom Ende der Reizung an rechnet, wie wir es bisher gethan hatten. Diese Thatsache geht aus der umstehenden tabellarischen Zusammenstellung der Versuchsergebnisse, in welcher jede horizontale Spalte einer Versuchsserie entspricht, auf das deutlichste hervor. Ebenso ist daraus ersichtlich, dass, wenn bezüglich Steilheit des Reizes optimale Bedingungen erreicht sind, eine weitere Steigerung der Höhe oder Steilheit der Reizung keine wesentliche Veränderung des Zeitintervalls mehr setzt.

Anders aber, wenn der mechanische Eindruck sehr langsam vor sich geht. In diesem Falle wächst die gesammte Zeit vom Anfang des Reizes bis zur secundären Empfindung nicht mehr um die Dauer der Reizung, sondern es verkürzt sich vielmehr das Intervall zwischen Ende des Reizes und secundärer Empfindung, so dass von einer gewissen Grenze ab die gesammte Zeit sogar denselben Betrag behalten kann, auch wenn die Dauer der Reizung noch weiter verlängert wird. Auch dies geht übereinstimmend aus den Ergebnissen beider Beobachter hervor. Die Grenze, von welcher ab das Zeitintervall sich verkürzt (vom Ende der Reizung an gerechnet) kann man etwa bei 400—500 σ Dauer der mechanischen Reizung setzen, so dass sich also der Schluss ergiebt, dass nach dieser Reizdauer auch bei flachster Reizung der Auslösungswerth für die secundäre Empfindung erreicht ist und eine weitere Vermehrung der Reizwirkung nun nichts mehr zur Production derselben beiträgt.

Hier ist nun auf eine merkwürdige Beziehung hinzuweisen, welche gemeinschaftlich bei electrischer und mechanischer Reizung hervorgetreten ist. Bei jener nämlich hatte sich ergeben, dass die Reihe der Reize bis etwa zu 400 σ Dauer sich ausdehnen darf, während bei Ueberschreitung dieser Grenze das Phänomen der secundären Empfindung undeutlicher wird. Auch dies kann so ausgelegt werden, dass bei diesem Zeitpunkte unter allen Umständen die Bedingungen für das Zustandekommen des Phänomens abgeschlossen sind.

Auch ein localer Einfluss auf die Zeit des Auftretens des Phänomens konnte constatirt werden: an der Vola der Handwurzel nämlich stellte sie sich als etwas kürzer heraus im Vergleich zur Hohlhand. Da die Erscheinung, wie schon bemerkt, an ersterer Stelle überhaupt etwas deutlicher und präciser hervortritt, so dürfte der Einfluss auf das zeitliche Auftreten durch die verschiedene Deutlichkeit des Phänomens bedingt sein.

Mechanische Reize.

Gad.				Goldscheider.			
Höhe in mm	Dauer in σ	Steil-heit	Intervallzeit (v. Ende ab) in σ	Höhe in mm	Dauer in σ	Steil-heit	Intervallzeti (v. Ende ab) in σ
17—26	100	sehr steil	960	26—29	110	sehr steil	990
20—25	390	steil	930	26—30	160	sehr steil	910
10—13	130	steil	1050	21—25	140	sehr steil	970
9—15	110	steil	1010	21—25	200	sehr steil	860
4—8,5	140	steil	970	16—20	140	sehr steil	950
5—6,5	170	steil	1140	15—20	180	sehr steil	880
				11—15	210	steil	890
				13—17	260	steil	910
				10—11	270	steil	890
				7—8	180	steil	1000
				7	400	zieml. steil	1020
4	430	mässig steil	1000	7	450	mässig steil	880
4,5—9	450	mässig steil	870	7—9	350	mässig steil	930
10—15	550	mässig steil	920	5—6	380	mässig steil	900
6,5—8	460	mässig steil	820	4	380	mässig steil	880
				3	360	mässig steil	1020
4—6	460	flach	900	4,5	610	flach	790
4—7	450	flach	850	5	650	flach	770
				5	670	flach	800
4,5—7	540	sehr flach	780	4	850	sehr flach	670
5—8	740	sehr flach	800	5	710	sehr flach	650
				6—7	800	sehr flach	700
				7,5—9	790	sehr flach	690
				10—12	770	sehr flach	770

Von der Fusssohle aus beträgt das Zeitintervall der secundären Empfindung bei mechanischer Reizung unter gleichen Bedingungen 400 bis 500 σ mehr als von der Hohlhand aus.

V. Ueber das Wesen der secundären Empfindung.

Die durch unsere Untersuchungen constatirte Erscheinung, dass bei Application mehrerer Reize auf dieselbe Hautstelle, von denen jeder einzelne schon für sich eine Empfindung verursacht, nach einem gewissen, von Sensation vollkommen leeren Zeitintervall eine ganz neue Empfindung auftaucht, während der einfache Reiz keine Andeutung einer solchen enthält, lässt kaum eine andere Deutung zu, als dass diese neue Empfindung einem Summations-Vorgange ihre Entstehung verdankt.

Man könnte zunächst anzweifeln, ob es in der That dasselbe Nervenende sei, welches durch die aufeinanderfolgenden Reize erregt werde, ob nicht vielmehr durch leichte Verrückungen der Electrode oder dadurch, dass der Strom bald diesen, bald jenen Weg durch die Haut bevorzuge, jedesmal neue Nervenzweige gereizt würden. Die Möglichkeit ist nicht in Abrede zu stellen, jedoch für erstere Annahme wenig wahrscheinlich; es ist auch nicht ersichtlich, wie es gelingen würde, so bestimmte Beziehungen der optimalen Bedingungen aufzustellen, wenn das Phänomen so launischen Verhältnissen entsprösse. Endlich aber wäre das Phänomen selbst unter dieser Annahme eben auch nicht anders als durch Summation zu erklären.

Von dem Vorgang der Summation kann man sich zwei sehr verschiedene Vorstellungen bilden. Die eine, einfachere, würde dem physikalischen Begriff der Superposition oder Summation von Schwingungen entsprechen und dahin gehen, dass die Phasen des zeitlichen Verlaufes des dem einzelnen Reiz entsprechenden Erregungsvorganges sich durch die Wiederholung des Reizes in kürzeren Fristen, als der Ablauf des einzelnen Erregungsvorganges beträgt, mit ihren positiven und negativen Vorzeichen summiren. Es steht nichts der Annahme im Wege, dass der einfache Reiz einen oscillatorischen Erregungsvorgang erzeuge und zwar von einer solchen Beschaffenheit, dass nur die erste positive Welle zur Empfindung käme, während die nächsten unter der Schwelle des Bewusstseins blieben. Es könnte nun die Wiederholung dieses Vorganges bei einer gewissen Grösse der Intervalle derartige Summationen der verschiedenen Wellen erzeugen, dass einzelne oder eine Reihe von solchen sich aufheben, andere aber sich derartig verstärken, dass sie merklich werden. Durch diese Art von Interferenz könnten Schwankungen des Erregungsvorganges,

welche beim einfachen Reiz unmerklich sind, durch Summation Schwellenwerth erreichen und Anlass zu unserem Phänomen geben. Eine mathematische Verfolgung dieses Problems zeigt nun, dass diese Möglichkeit unter gewissen Annahmen über den einfachen Reizvorgang vorhanden ist, dass diese Annahmen aber so complicirter und daher willkürlicher Art sein müssten, dass ihre Aufstellung keine berechtigte mehr sein würde. Es ist nämlich unmöglich, dass das Phänomen durch eine derartige Interferenz zu Stande komme, wenn jeder Reiz innerhalb der Reizreihe die gleiche Art von Oscillationen hervorruft. Man müsste also zunächst schon annehmen, dass jeder folgende Reiz für sich einen andersartigen Verlauf von Oscillationen erregt. Liesse man diese Annahme principiell zu, so wäre allerdings bei weiteren complicirten und willkürlichen Voraussetzungen über die Gestalt der Wellen eine unser Phänomen darstellende Construction möglich.[1])

Die andere Vorstellung einer Summation besteht darin, dass die wiederholten Reize in einem gewissen Schaltstück der Leitungsbahn eine eigenartige Veränderung erzeugen, welche so beschaffen ist, dass das Schaltstück nicht einfach die durch die Reize erzeugten Schwankungen mitmacht, sondern, die positiven Schwankungen potentiell aufspeichernd, in einen veränderten Zustand geräth, welcher ausser dem ursprünglichen Reizvorgang sich für die Empfindung in irgend einer Weise geltend macht. Dieser Einfluss auf die Empfindung könnte darin bestehen, dass der veränderte Zustand bei einer gewissen Höhe seiner Veränderung Anlass zur Entstehung einer neuen Empfindung gäbe. Einen Summationsvorgang solcher Art werden wir uns als an irgend welche Zellenthätigkeit gebunden vorstellen, etwa an zellige Elemente, wie sie in die Rückenmarksbahn eingestreut sind. Wir wissen, dass motorische Ganglienzellen fähig sind, auf irgend eine andere Art gereizt rhythmische Entladungen von sich zu geben. Die Vorstellung, dass Zellen der sensiblen Leitungsbahn, rhythmisch erregt, die Erregungen in sich aufspeichern, um sich nach einiger Zeit einfach zu entladen, würde denselben eine Eigenschaft zumuthen, welche doch immerhin eine gewisse Verwandtschaft zu der besagten Eigenthümlichkeit der motorischen Zellen besitzen würde. Die Annahme, als derartig functionirende Zellen gerade Zellen der hinteren grauen Substanz des Rückenmarks in Anspruch zu nehmen, wird durch Ergebnisse der neueren anatomischen Forschung erleichtert.

Durch die Forschungen von Golgi, Ramón y Cajal und v. Köl-

[1]) Nach einer gefälligen Mittheilung des ord. Lehrers der Mathematik Prof. F. Goldscheider in Berlin.

liker unter Anwendung der Golgi'schen Methode ist ermittelt, dass die Nervenfasern der sensiblen Wurzeln bei ihrem Eintritt in das Mark sich gabelförmig in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast theilen, welche in den Hintersträngen und in den hinteren Theilen der Seitenstränge in der Längsrichtung verlaufen. Bezüglich der Endigung dieser longitudinalen Fasern giebt v. Kölliker[1]) Folgendes an: „Ich habe gefunden, dass eine gewisse Zahl dieser Elemente unter rechten Winkeln oder bogenförmig in die graue Substanz abbiegt und hier mit Verästelungen frei ausläuft und vermuthe, dass diese Endigungen vor allem die absteigenden Wurzelfasern betreffen. In wie weit solche Verhältnisse auch an den aufsteigenden Wurzelfasern vorkommen, ist noch zu untersuchen; immerhin ist zu bemerken, dass die Zahl der erwähnten Endigungen der Wurzelfasern eine so geringe ist, dass es wohl gestattet ist, anzunehmen, dass die grosse Mehrzahl der aufsteigenden Aeste nicht in dieser Weise ihr Ende erreicht." Von diesen Aesten gehen nun eine Anzahl von „Collateralen" ab, welche in die Substantia gelatinosa eintreten und theils in dieser und dem Hinterhorn, theils im Vorderhorn, theils auch in der grauen Substanz der entgegengesetzten Seite endigen und zwar in der Art, dass sie sich verästeln und mit einer reichen Zahl von feinen Ausläufern frei ausgehen. Ebenso endigen auch die in die graue Substanz einbiegenden longitudinalen Fasern selbst. Die Verästelungs-Bäumchen umgeben die Ganglienzellen; Anastomosen finden nicht statt. Die Zellen der Hinterhörner haben ausser weit verzweigten Protoplasma-Fortsätzen je einen reich verästelten nervösen Fortsatz, dessen Aestchen frei zu endigen scheinen.

Wir nehmen also an: die Erregung läuft einmal in der langen Bahn dem Bewusstseins-Centrum zu und trifft andererseits auf eingelagerte Zellen, welche die Erregung nicht einfach fortleiten, sondern welche zunächst nur in einen veränderten Erregbarkeitszustand gerathen. Erst nachdem mehrere Erregungen hinter einander auf diese Art zur Zelle gelangt sind, wird die aufgespeicherte Energie in Arbeit umgesetzt; die Zelle sendet nunmehr selbst Erregungen aus, welche gleichfalls, aber auf der anderen Bahn, zum Centrum gelangen.

Die Betrachtung der Resultate legt den Gedanken nahe, dass der Zeitpunkt der Entladung in den summirenden Organen innerhalb gewisser Grenzen durch neu ankommende Erregungen aufgehalten werden könne. Wenn z. B. drei Reize mit dem Intervall 10 σ (Gesammtdauer der Reihe = 30 σ) die secundäre Empfindung nach einer Latenz-Zeit von

[1]) Ueber den feineren Bau des Rückenmarks. Sitzungsber. der phys. med. Gesellschaft zu Würzburg. 1890. S. 40.

970 σ und 15 Reize mit demselben Intervall (Gesammtdauer der Reihe = 150 σ) nach einer Latenz-Zeit von 980 σ hervorrufen (vergl. die Tabelle S. 19), so könnte man meinen, dass die weiter hinzukommenden Reize den Zeitpunkt der secundären Empfindung hinausgeschoben hätten. Unsere Versuche berechtigen aber nicht zu einer solchen Schlussfolgerung, da wir, wie angegeben wurde, bei Abstufung der Reiz-Intensitäten auf die Abschätzung der durch die ganze Reizreihe erzeugten Empfindungs-Intensität angewiesen waren, die Einzelreize bei kleinerer Anzahl also stärker sein mussten.

Das Bedürfniss, im Rückenmark eine Spaltung der Bahnen anzunehmen, hat man bekanntlich schon seit lange empfunden. Nachdem Schiff beobachtet hatte, dass Durchtrennung der grauen Substanz die Fortleitung der Schmerzempfindung, nicht aber diejenige der Tastempfindung aufhebe, dass das Stehenbleiben einer kleinen Brücke grauer Substanz genüge, um die Schmerzeindrücke noch hindurchpassiren zu lassen, hatte die Vorstellung, dass die hintere graue Substanz die schmerzhaften Erregungen fortleite, während die Tasteindrücke u. s. w. durch die Markstränge zugeleitet werden, welche von Wundt, Funke u. A. näher ausgeführt wurde, viele Anhänger gewonnen. Das pathologische Vorkommen der Analgesie mit erhaltenem Tastgefühl bei Gliose schien diese Anschauung zu bestätigen. Wir möchten der grauen Substanz statt der Rolle einer „Schmerzbahn" diejenige einer „Summationsbahn" übertragen, so dass die durch sie zugeleiteten Empfindungen nicht nothwendig schmerzhaft, sondern zunächst nur solche sind, wie sie summirten Erregungen entsprechen.

Für den Reflex-Vorgang ist bekanntlich von Stirling (Kronecker) der Nachweis geführt worden, dass er summirten Erregungen entspricht. Als Ort der Summation pflegt man die in den Reflexbogen eingeschaltete motorische Ganglienzelle anzusehen. Vielleicht ist hierbei auch die sensible Zelle betheiligt, derart, dass sie die aufgespeicherten Reize nach der einen Richtung gegen eine motorische Zelle (Reflexbogen) entlade, nach der andern Richtung hin centripetal. Wir möchten auf eine ähnliche, kürzlich von Quincke[1]) ausgesprochene, sehr berechtigte Vorstellung hinweisen, dass nämlich bei der Uebertragung von sensiblen Erregungen auf entferntere motorische Regionen zunächst sensible Zellen derselben als Durchgang benutzt werden, wodurch es nicht blos zu Reflexbewegungen, sondern auch zu Mitempfindungen komme.

Allein die Reihe der Annahmen ist hiermit noch nicht erschöpft. Wenn wir festhalten, dass schmerzhafte Reize von der Summationsbahn

[1]) Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. XVII. H. 5.

her zugeleitet werden, so müssen wir zugeben, da auch einfache Reize Schmerz zu erzeugen im Stande sind, dass eine einfache Erregung bei einem gewissen Maass von Intensität die Summationsbahn durchbrechen kann. Diese Annahme, welche fast wie eine Ausnahme aussieht, wird jedoch durch den Nachweis von Stirling erleichtert, dass starke einfache Reize auch Reflexe erzeugen können, obwohl diese im Allgemeinen nur auf summirte Erregungen hin entstehen.

Die Frage, ob eine Reihe von Reizen, von denen jeder durch seine Intensität die Summationsbahn zu durchbrechen vermag, summirt werden könne, muss mit Wahrscheinlichkeit bejaht werden, da primär schmerzhafte Reize eine wenn auch undeutliche secundäre Empfindung hinterlassen können. Die Zelle, durch den starken Reiz sofort in leitende Erregung versetzt, hält doch noch ein gewisses Maass von Zustandsveränderung zurück, welche summirt eine Entladung möglich macht.

Der in den Zellen zu denkende Vorgang der Aufspeicherung und Entladung bedarf einer nicht unbedeutenden und ziemlich constanten Zeit. Dabei fand sich die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, dass diese Zeit unabhängig blieb von der Zahl der Reize und der Zeitdauer, durch welche hin dieselben erfolgten, falls nicht eine gewisse Grenze überschritten wurde. Um also ein beliebiges Beispiel zu wählen, so würden 3 Reize, in einem Intervall J applicirt, nach der constanten Zeit t die secundäre Empfindung erzeugen: kommt nunmehr ein 4. Reiz wiederum mit dem Intervall J hinzu, so wird der Zeitpunkt der secundären Empfindung etwa um den Betrag J hinausgeschoben und bei einem 5. Reiz wieder ebenso und so fort, bis eine gewisse Grenze erreicht ist, welche mit dem Ueberschreiten der optimalen Bedingungen zusammenfällt, und oberhalb deren nunmehr der Zeitpunkt der secundären Empfindung nicht mehr beeinflusst wird. Dieses eigenthümliche Verhalten scheint darauf zu deuten, dass der die Entladung vorbereitende veränderte Zustand der Zelle durch jede neue Erregung nicht einfach der Entladung zeitlich näher geführt, sondern in einer eigenartigen Weise so weiter verändert wird, dass die Entladung sogar verzögert wird, um eintretenden Falls dann allerdings von grösserer Intensität zu sein. Diese Art von Einwirkung könnte man sich in der Form von wechselnd positiven und negativen Schwankungen — Assimilation und Dissimilation —, welche in der Zelle durch die Reize hervorgerufen würden, vorstellen.

Bezüglich der mechanischen Hautreize hat sich das bemerkenswerthe Ergebniss herausgestellt, dass dieselben in ihrer Wirkung niemals einem einfachen Reiz, sondern stets einer Reihe von Reizen entsprechen. Dies bleibt bestehen, unabhängig davon, ob unsere Auf-

fassung von der Summation richtig ist oder nicht. Die Vergleichbarkeit des mechanischen Reizes mit der Reizreihe ging so weit, dass auch die Beziehungen des Auslösungswerthes zum Zeitpunkt der secundären Empfindung und zur Art und Dauer der Reizwirkung sich als ähnliche herausstellten. Der mechanische Eindruck verhielt sich unserem Phänomen gegenüber etwa so, als ob ein flach ansteigender Reiz einer Reihe von einfachen Reizen mit grossen Intervallen, ein steil ansteigender einer solchen mit kleinen Intervallen entspreche.

Ohne in weitere Hypothesen, wie dies zu denken sei, eingehen zu wollen, möge hier nur darauf hingewiesen werden, dass im Nerv-Muskel-Präparat vom Frosch ein den Nerven continuirlich durchfliessender Strom unter Umständen discontinuirliche Erregungen — Schliessungs-Tetanus — setzen kann. Die Frage, ob etwa auch andere scheinbar einfache Reize, wie z. B. Temperaturreize, summirte Wirkungen entfalten, liegt nahe und eröffnet verlockende Probleme.

Die Frage der Summation von Hautreizen in der Empfindung ist bereits mehrfach untersucht worden. Als erster Autor ist hier sowie für das Phänomen der verlangsamten Schmerzleitung wohl Cruveilhier anzuführen, welcher bei einem Falle von Compression der Med. spin. sagt: „D'autres fois l'impression exige pour être précise qu'elle soit renouvelée; ainsi un malade ne sent pas une seule piqûre même prolongée, et il sent parfaitement trois, quatre piqûres faites coup sur coup."[1]) Richet[2]) machte darauf aufmerksam, dass ein unfühlbarer electrischer Reiz bei Wiederholung in kleinen Intervallen eine merkliche und sich steigernde Empfindung giebt, indem jeder im nervösen Centralorgan eine gesteigerte Empfindlichkeit zurücklasse, welche dem folgenden zu Gute kommt. de Watteville bestätigte diese Angaben.[3]) Bei sehr kurzen Intervallen kann diese Steigerung so viel ausmachen, dass eine unangenehm starke Sensation entsteht, während ein einziger der Reize unmerklich ist — eine Beobachtung, welche wir bei unseren Untersuchungen bestätigt fanden und von welcher man sich in einwandsfreier Weise überzeugen kann, indem man aus der betreffenden Reizreihe mittelst des Myographions eine Stimmgabel-Schwingung herausschneidet.

Eine eigenthümliche Summation von unterschmerzlichen mechanischen Reizen zu Schmerzempfindung unter pathologischen Bedingungen hat Naunyn[4]) beschrieben. Es wurden bei Tabeskranken (auch Com-

[1]) Wir sind auf diese Stelle durch ein Citat bei Naunyn aufmerksam geworden.

[2]) Recherches expérimentales et cliniques sur la sensibilité. Paris 1877.

[3]) Neurolog. Centralbl. 1883. No. 7.

[4]) Ueber die Auslösung von Schmerzempfindung durch Summation sich zeitlich folgender sensibler Erregungen. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. Bd. XV.

pressionsmyelitis und multipler Neuritis) an den Füssen rhythmisch sich folgende Hautreize durch Berührung mit einer Nadelspitze, einem Nadelknopf, einem stumpfen Draht, einem feinen Haarpinsel oder durch electrische Inductionsschläge applicirt (60—600 in der Minute). Hatte diese Application 3—45 Sec. gedauert, so trat bei den betreffenden Kranken ein Schmerz auf, welcher sich in den verschiedenen Fällen verschieden gestaltet. In einer Reihe von Fällen setzt ziemlich plötzlich ein oft heftiger Schmerz ein, welcher in wenig Secunden sein Maximum erreicht und nach kurzer Zeit wieder verschwindet; er beschränkt sich entweder auf die Reizstelle oder breitet sich auf eines oder beide Beine aus. Bemerkenswerth ist nun, dass er auch dann verschwindet, wenn man die Reizung ohne Unterbrechung fortsetzt; jedoch tritt er dann gelegentlich und zwar ungefähr nach derselben Latenzzeit wie das erste Mal wieder auf. Bei allen diesen Fällen bestand zugleich Verspätung der Schmerzempfindung bei Application eines einzigen Nadelreizes; und diese verspätete Schmerzempfindung war überdies von abnormer Heftigkeit: „es ist die gleiche schmerzhaft ziehende Empfindung, wie sie der wiederholten Application minimalster Reize folgt.“ In einer zweiten Reihe von Fällen ging die hyperästhetische Empfindung bei fortdauernder Reizung nicht vorüber, sie hielt vielmehr nicht nur so lange an, als die Reizung dauerte, sondern nahm auch noch durch Secunden, nachdem sie bereits bemerkbar geworden war, an Stärke zu. In einem Falle schliesslich (transversale Erkrankung der Medulla spin.) traten auf Pinselberührungen (114—160 in der Minute) nach 16—50 Secunden heftige ziehende Schmerzen ein, welche allmälig stärker und schliesslich sehr heftig wurden, viele Secunden, ja Minuten andauerten. Starke Reflexe gingen dem Auftreten des Schmerzes voraus und begleiteten denselben. Als wichtigstes allgemeines Ergebniss über diesen Summationsschmerz ist Folgendes zu bezeichnen: „dass die Grösse der Latenzzeit in viel geringerem Maasse von der Art und Intensität des Reizes, als von der Schnelligkeit, mit der sich die Reize folgen, abhängt: mit der Grösse des Intervalles zwischen den Einzelreihen wächst die Latenzzeit. — In diesem wichtigsten Punkte zeigt sich also eine Uebereinstimmung des Summationsschmerzes mit der durch Summirung sensibler Reize erzielten Reflexbewegung, für welche letztere durch Stirling und Ward das Gleiche feststeht. Dementsprechend fand Naunyn, dass die Länge der Latenzzeit bei demselben Individuum und am gleichen Tage ungefähr die gleiche war, gleichgültig, ob mechanische oder electrische Erregungen angewendet wurden, sofern die Reizfrequenz annähernd die gleiche war. Von Wichtigkeit ist auch die enge Beziehung zwischen Summationsschmerz und Reflex-Bewegung, welche Naunyn feststellen konnte.

Die durch seine Untersuchungen festgestellten Ergebnisse veranlassen diesen Forscher, die Frage aufzuwerfen, ob die Hyperästhesie bez. der Schmerz nicht überhaupt ein Summationsphänomen sei und er findet, dass dies zwar noch nicht bewiesen, aber doch sehr wahrscheinlich sei.

O. Rosenbach[1]) hat bei Rückenmarkskranken mit herabgesetzter Sensibilität gefunden, dass schwache Berührungsreize, welche einzeln nicht gefühlt werden, bei wiederholter Application nach einer gewissen Zeit eine Empfindung produciren. Ueber die Intervalle, mit denen die Reize wiederholt wurden, giebt der Autor nichts an. Derselbe erklärt das Phänomen durch einen in das Rückenmark zu verlegenden Summationsvorgang.

Dass mehrfach wiederholte untermerkliche Reize schiesslich merklich werden, entspricht der Richet'schen Beobachtung und ist am einfachsten auf eine von jedem Reiz her zurückbleibende Erregbarkeitssteigerung zurückzuführen, wie oben ausgeführt. Man kann diesen Vorgang wohl als Summation bezeichnen. Mit unserer Beobachtung, dass eine Reihe von Reizen eine ganz neue Empfindung erzeugt, welche nach einem leeren Intervall ohne directen Anschluss an einen bestimmten der Reize auftritt, ist nur die Naunyn'sche in Analogie zu setzen. Das plötzliche Hereinbrechen des Schmerzes, ohne dass eine dem Schmerzhaften sich nähernde Steigerung der Einzelempfindungen vorhergegangen war, deutet darauf, dass es sich hierbei gleichfalls um Entladungen irgendwelcher aufspeichernder Organe handelt. Dass diese Entladungen pathologisch einen so heftigen Grad annehmen können, ist vielleicht auf ein Verhältniss zurückzuführen, welches weiter unten erörtert werden soll (Hyperalgesie). Zu den Naunyn'schen Untersuchungen zeigen die unserigen auch deshalb besondere Beziehungen, weil dieser Autor sein Phänomen auch bei rhythmischen electrischen Reizen beobachtete. Im Uebrigen scheint es, dass es sich hierbei um einen unserer Summation ähnlichen, aber complicirteren und wohl auf letztere zurückführbaren Vorgang handelt.

Der Umstand, dass mechanische Reize jeder Art an und für sich schon summirte Empfindungen erzeugen können, ist natürlich für alle pathologischen Phänomene auf diesem Gebiete von grosser Bedeutung. Ganz besonders nahe liegt es, diese Anschauung auf die bekannte Erscheinung der sogen. verlangsamten Leitung des Schmerzgefühls anzuwenden. Dasselbe besteht bekanntlich darin, dass bei manchen nervösen Erkrankungen, besonders Tabes dorsalis, ein mechanischer Hautreiz von

[1]) Ueber Empfindungen und Reflexbewegungen, welche bei Rückenmarkskranken durch die Summation schwacher sensibler Reize ausgelöst werden. Deutsche med. Wochenschr. 1889.

genügender Stärke erst nach einem auffallend langen Zeitintervall eine Schmerzempfindung hervorruft. Dies von Cruveilhier zuerst beschriebene Phänomen wurde später namentlich von Leyden, Topinard, Weir-Mitchell und ganz besonders von Remak studirt. Letzterer betonte den Umstand, dass Druck- und Schmerzempfindung durch ein leeres Intervall getrennt seien, so dass also eine doppelte Empfindung durch einen Nadelstich hervorgerufen werde, sowie, dass der Schmerz bei einer Reihe von Fällen abnorm stark sei. Zu derselben Zeit wurde von Naunyn eine doppelte Empfindung nach Nadelstich bei Tabes beschrieben. Die Erscheinug besteht darin, dass bei Application eines Nadelstiches (bei Tabes bez. chronischer Myelitis) 2 Secunden nach der etwas verspätet statt habenden Empfindung des Stiches eine nochmalige Empfindung auftritt, welche schmerzhafter als die erste und von abnorm vermehrter Stärke ist. Naunyn identificirt dieses Phänomen nicht vollkommen mit demjenigen der verspäteten Schmerzleitung; schon die erste der beiden Sensationen war meist schmerzhaft, die zweite zuweilen von geringerer Intensität als die erste. Er verlegt den Vorgang in die hintere graue Substanz des Rückenmarks, reiht die Erscheinung der Charcot'schen Dysästhesie (anhaltende schmerzhafte Empfindung nach momentanem Reiz) ein und findet sie verwandt einem andern von Remak beschriebenen Phänomen, dass bei Tabeskranken zuweilen eine electrische Reizreihe — secundärer unterbrochener Strom — oscillatorisch d. h. so empfunden wird, dass empfindungsleere Phasen mit Sensation abwechseln, trotz anhaltenden Reizes.

Das Phänomen der verspäteten Schmerzempfindung ist nun nach unserem Dafürhalten sicher auf die secundäre Empfindung, welche gewissermaassen ihr physiologisches Prototyp darstellt, zurückzuführen. Es unterscheidet sich von dieser normalen Erscheinung nur dadurch, dass das Intervall vergrössert und dass zuweilen die Schmerzempfindung von abnormer Stärke ist. Ersteres deutet darauf, dass durch pathologische Vorgänge die Summation verlangsamt erscheinen kann. Letzteres scheint zunächst ein Paradoxon zu sein, da man sich nicht wohl vorstellen kann, dass eine abnorm gesteigerte Empfindlichkeit der Endorgane oder Leitungswege, auf welche doch die Hyperalgesie in erster Linie zu beziehen wäre, mit einer Verlangsamung der Summation einhergehen soll. Wir glauben daher, dass diese Erscheinung nur auf eine gesteigerte Thätigkeit der summirenden Zellen zurückgeführt werden könne. Wir möchten annehmen, dass es einen „hyperalgetischen Zustand" dieser Zellen giebt, welcher etwa ähnlich vorzustellen ist, wie der Zustand der centralen Zellen bei Strychnin-Intoxication. Dagegen braucht die Verlangsamung der Summation nicht nothwendig in allen Fällen auf eine patho-

logische Veränderung der summirenden Zellen selbst bezogen zu werden. Die Bedingungen der Summation, welche bei der electrischen Reizreihe in der Intensität, Anzahl und dem Intervall der Reize bestanden, schliessen natürlich auch die Empfindlichkeit der peripherischen Endorgane und Leitungsbahnen in sich mit ein. Ist diese herabgesetzt, so wird eine Reizreihe, welche unter normalen Verhältnissen ein Optimum war, kein solches mehr darstellen. Es scheint nun, dass die Veränderung der Leitungsfähigkeit bez. Erregbarkeit der peripherischen Theile unter Umständen die Summationsbedingungen so beeinflussen kann, dass die Summation in den spinalen Zellen langsamer vor sich geht, nicht etwa durch eine wirkliche Verlangsamung der Fortleitung der Erregungen, sondern durch eine Abschwächung derselben. Es liegen nämlich wohl constatirte Fälle vor, aus denen hervorgeht, dass das Phänomen der verspäteten Schmerzempfindung, früher für ein ausschliesslich spinales Symptom gehalten, durch rein peripherische Nerven-Alterationen zu Stande kommen kann. Man ging früher bezüglich der Erklärung der Erscheinung auf das bekannte Schiff'sche Experiment zurück, nach welchem durch queres Einschneiden in das Rückenmark die auf einen schmerzhaften Reiz hin erfolgende Reactionsbewegung des Thieres verspätet wurde und zwar um so mehr, je mehr der Querschnitt der grauen Substanz „eingeengt" wäre. Leyden und Goltz fanden dann, dass auch bei Compression des den Reiz zuleitenden Nervenstammes eine Verspätung der Zuckung auftrete. Genauer wurde dies von Lüderitz verfolgt und bestätigt. Beim Menschen wurden die ersten Beobachtungen in dieser Richtung von Kraussold gemacht, welcher 1877 zwei Fälle von Verletzung des N. ulnaris mittheilte, bei denen eine mit der völligen Verheilung wieder verschwindende Verspätung der Schmerzempfindung auftrat. Erb sah das Phänomen bei einem Falle von traumatischer Neuritis, ebenso Westphal. Weiterhin wurde es bei multipler Neuritis von G. Fischer, Strümpell, Vierordt, Löwenfeld, Déjérine, Oppenheim u. A. beobachtet.

Aber auch durch eine Alteration der ganz peripherisch gelegenen Nervenzweige kann die Erscheinung hervorgerufen werden. Der eine von uns hat einen auf der hiesigen I. medicinischen Klinik (Leyden) vorgekommenen Krankheitsfall genauer beobachtet[1]), bei welchem es sich um eine Gangrän der grossen und zweiten Zehe des linken Fusses in Folge von Thrombose der linken Art. poplitea handelte[2]). An der

[1]) Vergl. S. 391.

[2]) Der Fall ist von Leyden selbst näher beschrieben worden. Berliner klin. Wochenschr. Jahrg. 27. Nr. 14.

inneren Hälfte des Fussrückens, dem am schwersten betroffenen, an die gangränescirenden Stellen angrenzenden Gebiete, bestand eine deutliche Verspätung der Schmerzempfindung, zugleich mit einer Herabsetzung der Sensibilität, so dass leise Berührungen überhaupt nicht percipirt wurden, während bei den stärkeren eine Druckempfindung und nach einem leeren abnorm langen Intervall ein hyperalgetisches Schmerzgefühl auftrat. Die Werthe des zeitlichen Intervalls wurden während des Verlaufs der Krankheit mehrfach in Versuchsserien mittelst Signalisirung und Zeitmessung am Grunmach'schen Polygraphion bestimmt und sind in der citirten Arbeit aufgeführt (S. 393). Mit der Heilung der Affection nach Abstossung von Theilen der grossen und zweiten Zehe verschwand das Phänomen vollkommen, während sich gleichzeitig die Sensibilität wieder herstellte. Die auf den Fussrücken beschränkte Sensibilitätsstörung in Verbindung mit dem Umstande, dass nach Déjérine's Untersuchungen die Hautnerven in der Nähe von Decubital-Gangrän degenerirt sind und dass in einem von Mannkopff mitgetheilten Falle von embolischer Verschliessung der Art. tibialis post. die Zweige des N. tibialis eine Degeneration aufwiesen, liess darauf schliessen, dass es sich um eine rein peripherische Affection der Nerven handelte. Es ist somit die Vorstellung durchaus berechtigt, dass schon die Veränderung der Leitungsfähigkeit bez. Erregbarkeit der peripherischen Nervenzweige im Stande ist, die Summationsbedingungen in der angedeuteten Weise zu verändern. Ausserdem zeigt der Fall, dass auch die abnorme Schmerzhaftigkeit der secundären Empfindung durch einen derartigen peripherischen Process, trotz gleichzeitiger Herabsetzung der Druckempfindlichkeit und trotzdem die primäre Empfindung nicht im entferntesten schmerzhaft ist, erzeugt werden kann. Wir möchten dies so erklären, dass der hyperalgetische Zustand der spinalen Zellen durch derartige in der Peripherie bestehende Reizzustände hervorgerufen werden kann. Gehen letztere zugleich mit verringerter Erregbarkeit bez. Leitungsfähigkeit einher, so wird die Folge sein, dass die primäre Empfindung schwach ausfallen und das für die Summirung erforderliche Optimum später erreicht wird, während auf Grund des in den Zellen bestehenden hyperalgetischen Zustandes die Summation der Erregungen eine abnorm intensive Thätigkeitsäusserung derselben setzt.

Es ist nunmehr noch des wichtigen Umstandes zu gedenken, dass die bei den pathologischen Fällen von verspäteter Schmerzempfindung constatirten Zeitwerthe für das Auftreten des Schmerzes vielfach das normale Zeitintervall der secundären Empfindung gar nicht übertreffen — wobei noch zu berücksichtigen ist, dass unsere Intervallwerthe vom Ende der Reizung ab gerechnet wurden, während bei der klinischen

Prüfung der Beginn des Reizes markirt zu werden pflegt, sowie dass am Fuss schon der normale Betrag des Intervalls 1300—1400 σ erreichte. In diesen Fällen handelt es sich somit gar nicht eigentlich um eine Verspätung der Schmerzempfindung, sondern nur um eine schärfere Ausprägung des physiologischen Phänomens, event. mit Hyperalgesie.

Die Naunyn'sche Doppelempfindung scheint uns ganz ebenso auf den Vorgang der secundären Empfindung, d. h. auf Summation zurückzuführen zu sein. Gerade der von diesem Autor hervorgehobene Umstand, dass die erste Empfindung schmerzhaft sein kann, entspricht den Vorkommnissen, wie wir sie auch bei der secundären Empfindung vorfanden.

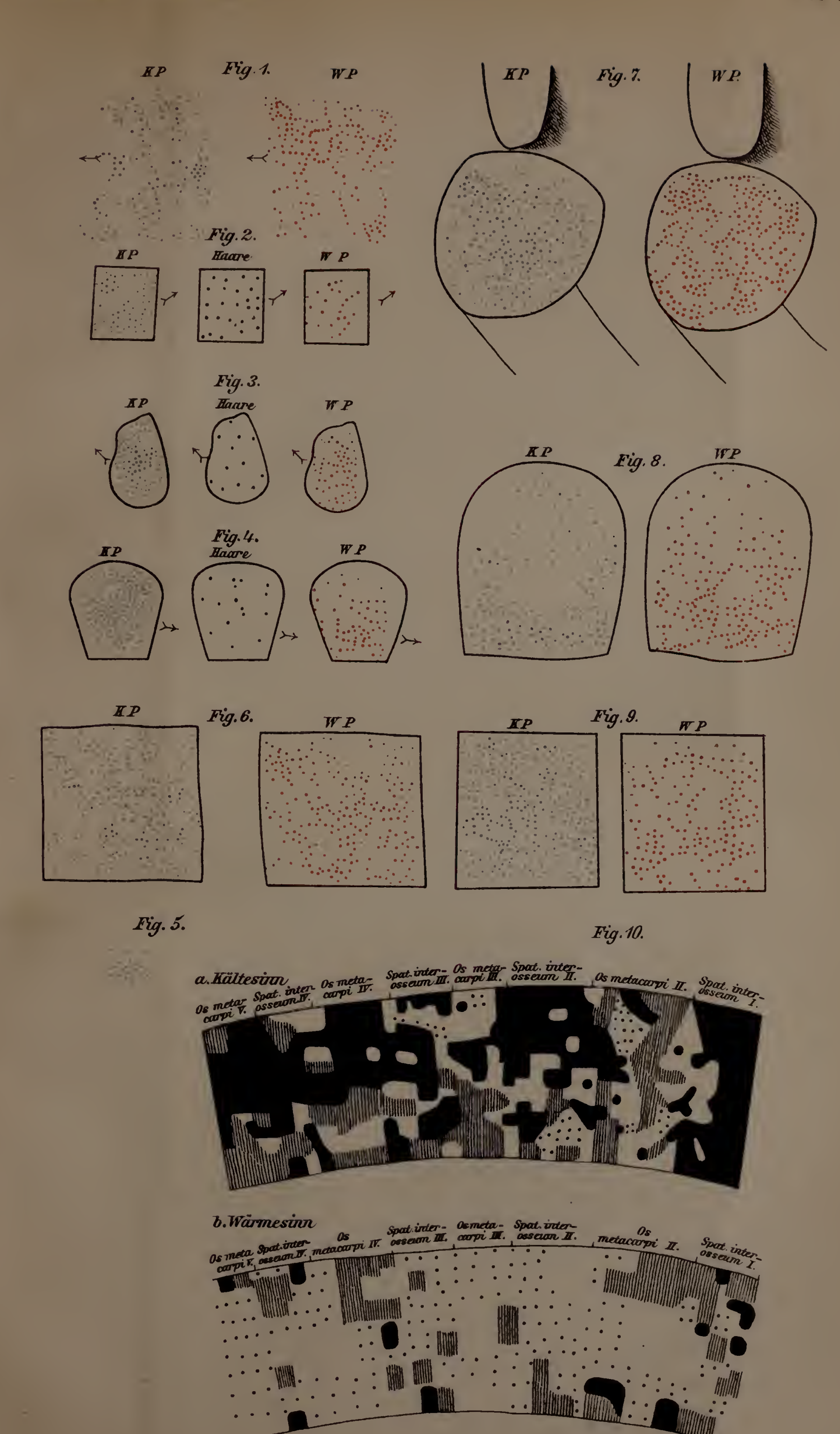

Fig. 1.
KP
WP
Fig. 2.
KP
Haare
WP
Fig. 3.
KP
Haare
WP
Fig. 4.
KP
Haare
WP
Fig. 5.
Fig. 6.
KP
WP
Fig. 7.
KP
WP
Fig. 8.
KP
WP
Fig. 9.
KP
WP
Fig. 10.
a. Kältesinn
Os metacarpi V.
Spat. interosseum IV.
Os metacarpi IV.
Spat. interosseum III.
Os metacarpi III.
Spat. interosseum II.
Os metacarpi II.
Spat. interosseum I.
b. Wärmesinn
Os metacarpi V.
Spat. interosseum IV.
Os metacarpi IV.
Spat. interosseum III.
Os metacarpi III.
Spat. interosseum II.
Os metacarpi II.
Spat. interosseum I.



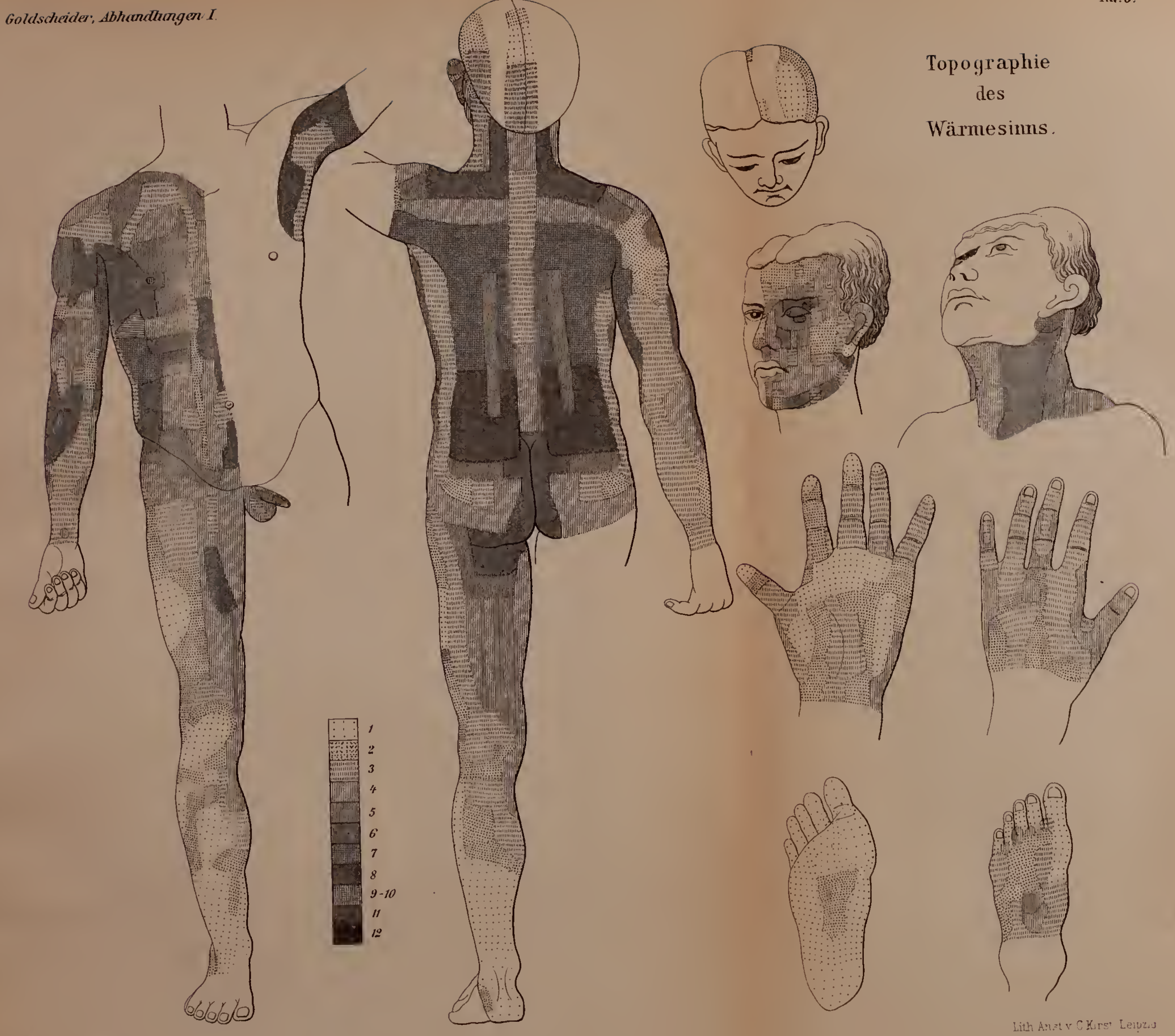
Fig. 13c.



Fig. 13b.






Topographie
des
Wärmesinns.
1
2
3
4
5
6
7
8
9-10
11
12
A. Goldscheider, del.
Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig

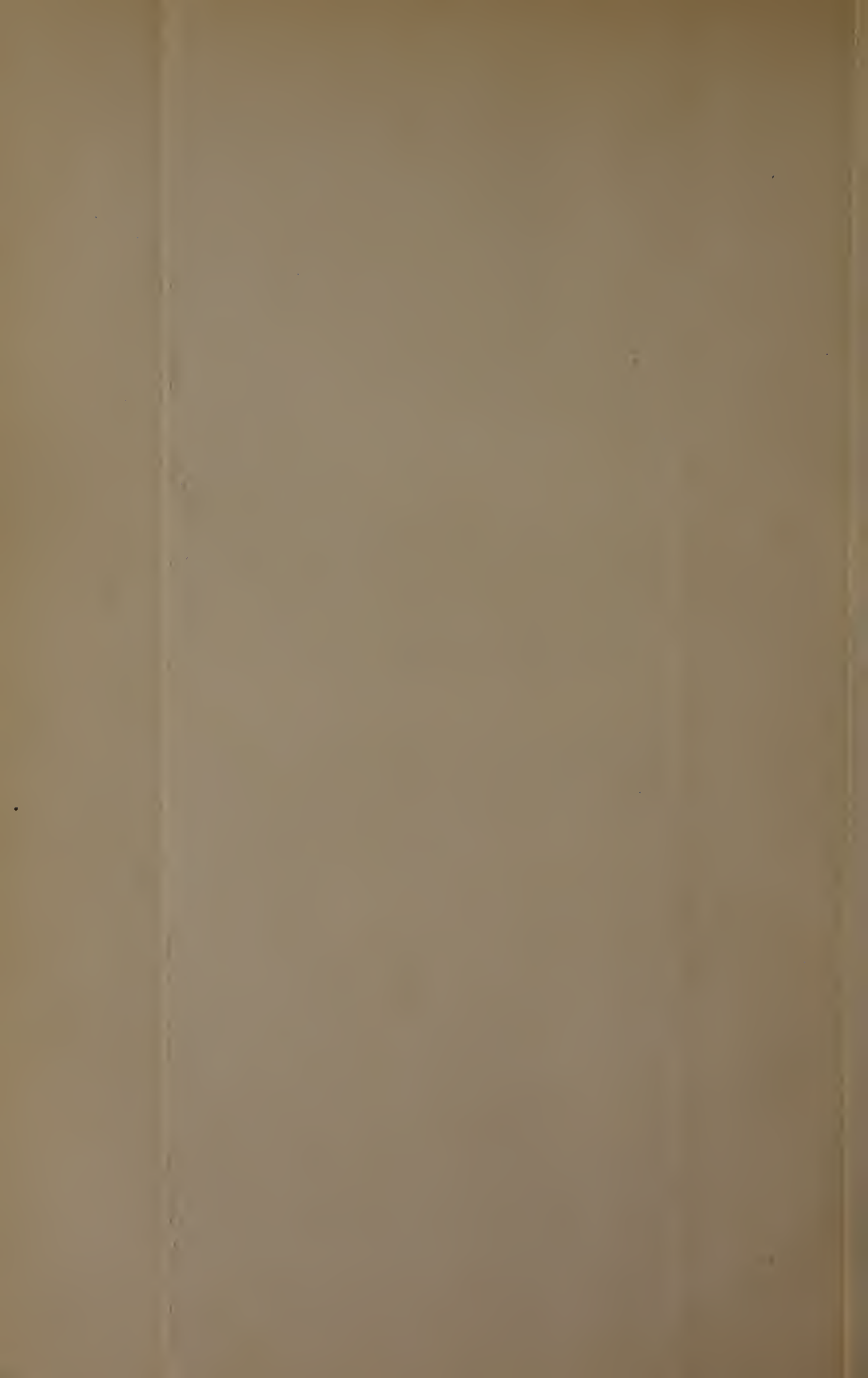


Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17.

Fig. 18. a. b.

Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.

Fig. 22. Fig. 24. Fig. 25.

Fig. 27. Fig. 28.

Fig. 23.

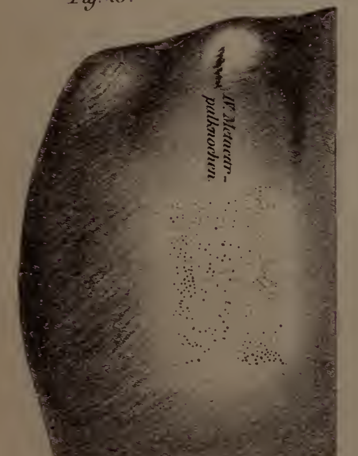
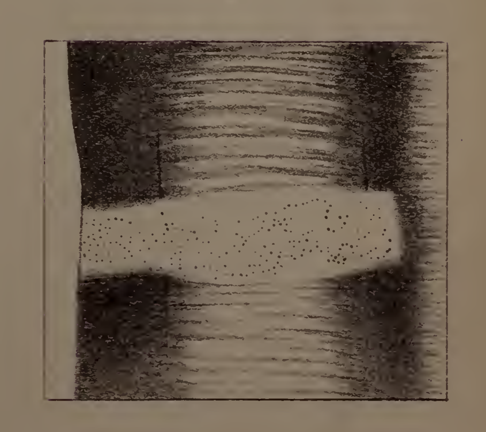
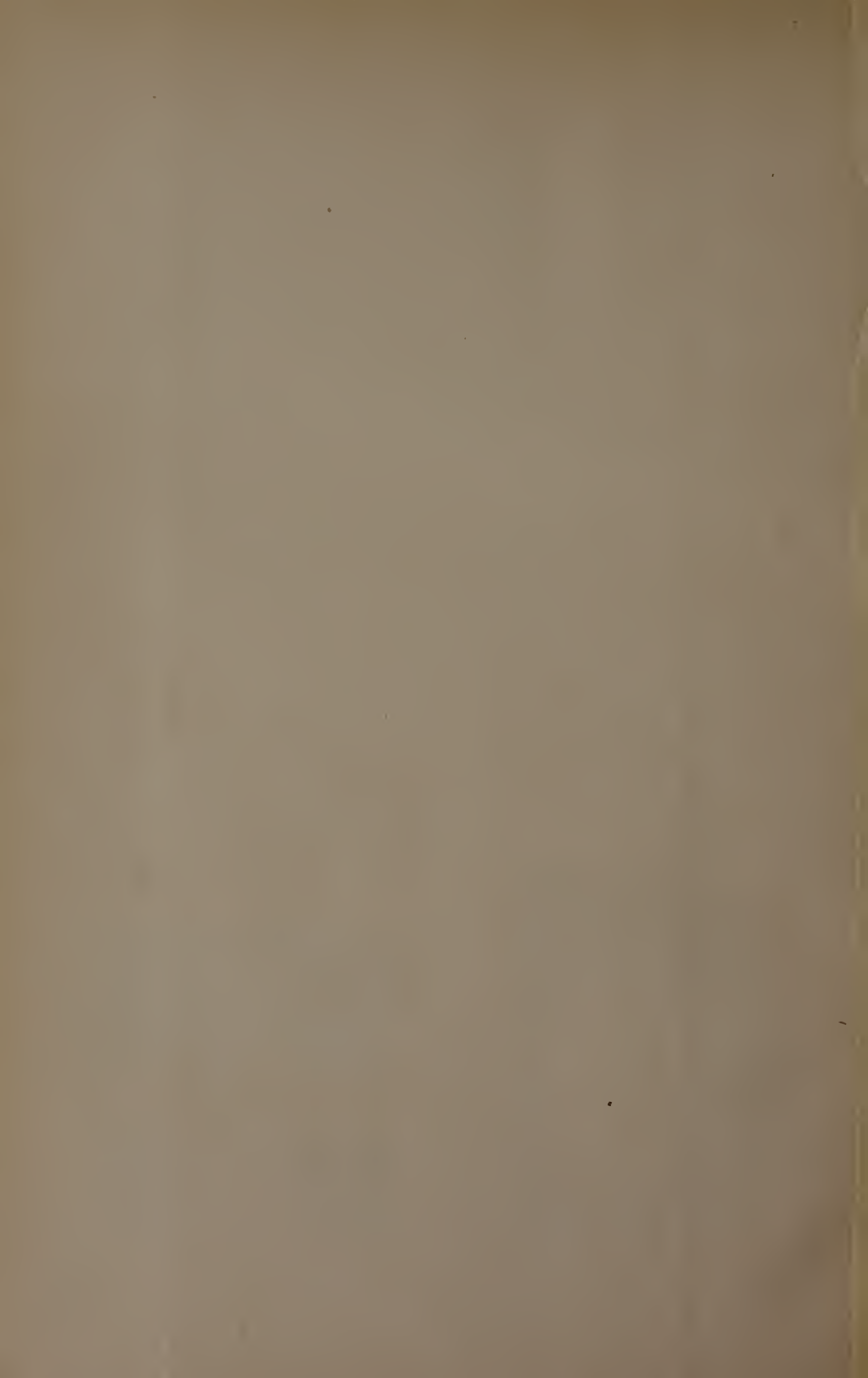
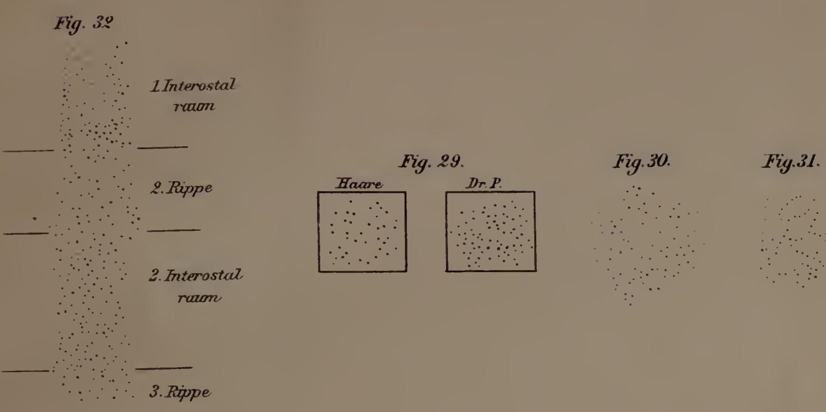


Fig. 26.







33. Kältesinn.

34. Wärmesinn.

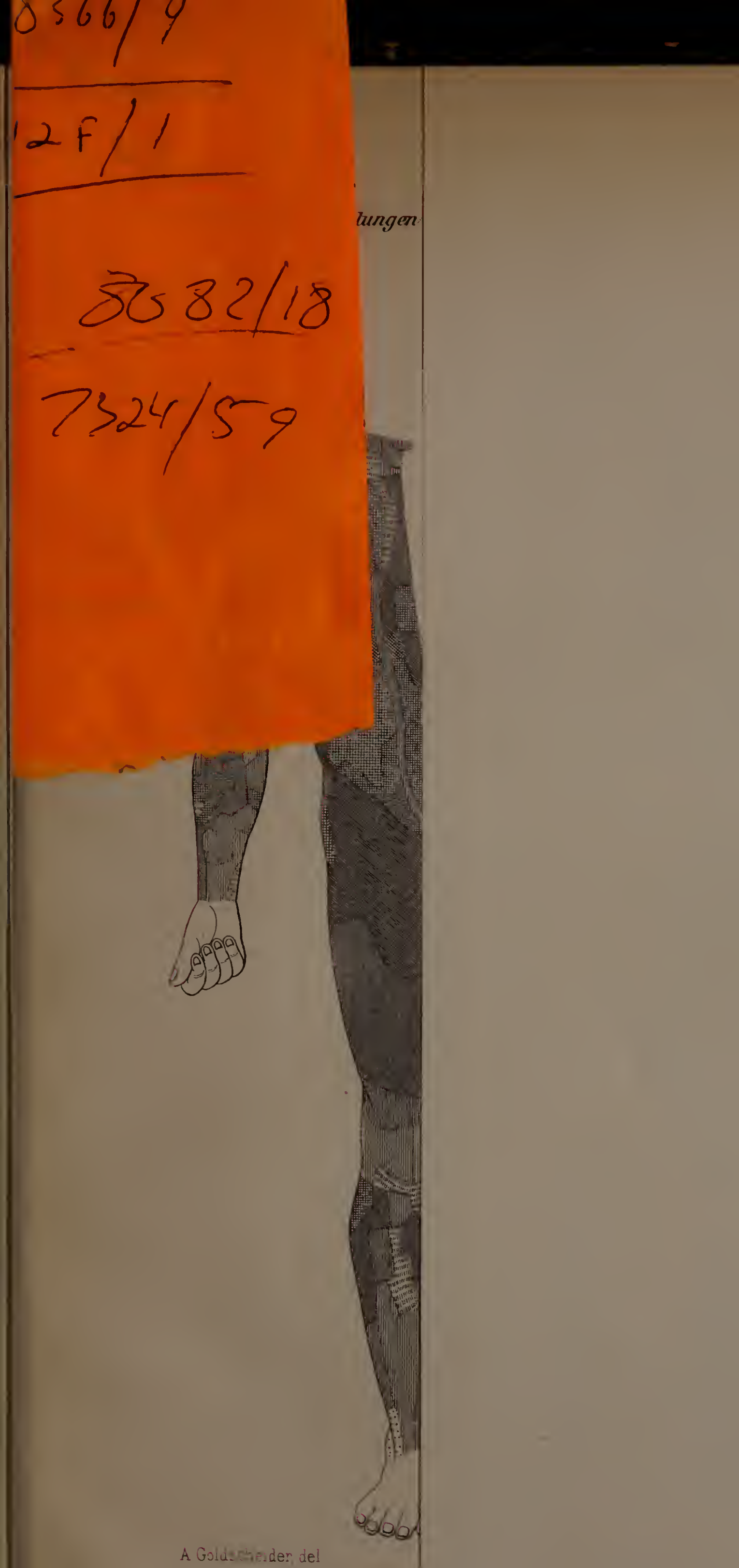
a. N. ileoinguinalis.
b. N. cutaneus medius.
c. N. cutaneus anter ext.
d. N. cutaneus int.

b

c

d





A Goldscheider del



